

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV MATERIÁLOVÝCH VĚD A INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MATERIAL SCIENCE AND ENGINEERING

APLIKACE POVRCHOVÝCH ÚPRAV NA RUČNÍ NÁSTROJE

APPLICATION OF SURFACE TREATMENT ON HAND TOOLS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

EVA VRASPÍROVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PAVEL DOLEŽAL, Ph.D.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav materiálových věd a inženýrství

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Eva Vraspírová

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Materiálové inženýrství (3911R011)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Aplikace povrchových úprav na ruční nástroje

v anglickém jazyce:

Application of Surface Treatment on Hand Tools

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Analýza procesu výroby ručních utahovacích nástrojů se zaměřením na technologii povrchových úprav. Popis moderních technologií a postupů ve výrobě. Zavádění nových technologií a materiálů.

Cíle bakalářské práce:

Literární rozbor problematiky ocelí pro ruční nástroje a nářadí a jejich tepelného zpracování. Posouzení povrchových úprav nástrojů pro zvýšení jejich životnosti. Popis moderních technologií v oblasti povrchových úprav. Hodnocení vlivu povrchových úprav na dosažené vlastnosti utahovacího nářadí.

Seznam odborné literatury:

- [1] ASM Handbook, Volume 5, Surface Engineering, 1994. ISBN 0-87170-377-7.
- [2] KRAUS, V.: Povrchy a jejich úpravy. 1. vyd. Plzeň, Západočeská univerzita v Plzni, 2000, 218 s. ISBN 80-7082-668-1.
- [3] HRUBÝ, V., TULKA, J., KADLEC, J.: Povrchové technologie. 1. vyd. Brno, Vojenská akademie, 1995, 120 s.
- [4] HUMÁR, A.: Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha, MM publishing, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [5] FREMUNT, P., KREJČÍK, J., PODRÁBSKÝ, T.: Nástrojové oceli. 1. vyd. Brno, Dům techniky Brno, 1994, 229 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Doležal, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 21.11.2009

L.S.

prof. Ing. Ivo Dlouhý, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá problematikou materiálů používaných k výrobě ručních nástrojů a nářadí. Teoretická část je soustředěna na nástrojové oceli, jejich mechanické a technologické vlastnosti a jejich tepelné zpracování. Dále jsou zde přehledně rozděleny a popsány moderní povrchové úpravy používané v současnosti. Následující část je zaměřena na moderní technologie povrchových úprav aplikovaných na ruční nástroje. Praktická část je zaměřena především na technologie výroby bitů firmy Wera Werk s.r.o., která se zabývá výrobou a odbytem ručního utahovacího nářadí, jako jsou šroubováky, úhlové klíče, zástrčné klíče, bity a momentové nářadí. Pozornost je věnována také moderním technologiím povrchových úprav, např. na bázi zinečnatého fosfátu, niklu, nikl-zlato a nikl-diamant-zlato, používaných na tyto nástroje a problematice lakování. Ke studiu byly využity metody světelné mikroskopie, měření tvrdosti dle Vickerse a Brinella a rastrovací elektronové mikroskopie vybavené energiově disperzní chemickou mikroanalýzou.

ABSTRACT

Bachelor's thesis deals with problems of materials, which are used to production of hand tools and implements. The theoretical part is focused on tool steels, their mechanical and technological characteristics and to their heat processing. Below there are well-arranged and described surface modification, which are applied to materials nowadays. The next part is focused on modern technology of surface modification, which are applied to hand tools. The research is mainly focused on technology of production of bits by company Wera Werk Ltd, which is deal with production and distribution of hand tightening tools, such as screwdrivers, angular keys, plug keys, bits and torque tools. Attention is also paid to technology of surface modification, e.g. based on zinc phosphate, nickel, nickel-gold and nickel-diamond-gold, used for these tools and to problems of painting. To elements interaction study light microscopy, the hardness measurement by Vickers and Brinell and scanning electron microscopy equipped by energy dispersive microanalyses.

KLÍČOVÁ SLOVA

Ruční nástroje, nástrojové oceli, povrchové úpravy, tepelné zpracování

KEY WORDS

Hand tools, tool steels, surface modification, heat processing

VRASPIROVÁ, E. *Aplikace povrchových úprav na ruční nástroje*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 60 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Pavel Doležal, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FSI VUT v Brně.

V Brně 28. 5. 2010

Eva Vraspírová

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat všem, kteří mi pomáhali s tvorbou bakalářské práce, hlavně mému vedoucímu Ing. Pavlovi Doležalovi, Ph.D. za jeho odbornou pomoc, trpělivé vedení a množství cenných rad a připomínek.

Dále děkuji Ing. Jiřímu Kincovi a Zdeňkovi Vetešníkovvi, kteří mi vždy ochotně pomohli cennými informacemi a byli mi dobrými průvodci po firmě Wera Werk s.r.o.

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. CÍLE PRÁCE	2
3. LITERÁRNÍ PŘEHLED PROBLEMATIKY	3
3.1 MATERIÁLY PRO RUČNÍ NÁSTROJE A JEJICH TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ	3
3.2 POVRCHOVÉ ÚPRAVY	7
3.2.1 Typy povrchových úprav	7
3.2.2 Anorganické nekovové povlaky	9
3.2.3 Anorganické kovové povlaky a vrstvy	10
3.2.4 Organické povlaky	13
3.3 POVRCHOVÉ ÚPRAVY NA RUČNÍ NÁSTROJE	14
4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	19
4.1 POSTUP A EXPERIMENTÁLNÍ ZAŘÍZENÍ	19
4.2 MATERIÁL NA VÝROBU BITŮ	20
4.3 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY BITŮ	23
4.3.1 Třískové obrábění polotovaru a výroba profilu	23
4.3.2 Chemicko-tepelné zpracování	25
4.3.3 Tepelné zpracování	34
4.3.4 Kontrola jakosti po chemicko-tepelném a tepelném zpracování	35
4.4 TECHNOLOGIE POVRCHOVÝCH ÚPRAV BITŮ	36
4.4.1 Úprava povrchu pro povrchové úpravy	36
4.4.2 Povrchové úpravy bitů	37
4.4.3 Laserování, lakování a balení bitů	50
5. DISKUZE VÝSLEDKŮ	54
6. ZÁVĚRY	56
7. PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	58
8. POUŽITÁ LITERATURA	59

1. ÚVOD

V dnešní době, kdy se průmysl neustále vyvíjí a na materiály v něm používané jsou kladeny stále větší nároky, dochází i k rozsáhlému rozvoji těchto materiálů. S rozvojem průmyslu jako např. kosmonautiky, letectví, automobilního průmyslu a dalších odvětví je nutné vyvíjet materiály, u kterých budou vlastnosti materiálu na co nejvyšší úrovni. Mezi tyto vlastnosti konstrukčních a technických materiálů patří v dnešní době především kvalita přenosu tepelné i elektrické energie, magnetičnost, pevnost, odolnost proti opotřebení, korozní odolnost a další.

Největší požadavky jsou kladeny na nástrojové oceli používaných téměř ve všech průmyslových odvětvích ať už v podobě ručního náradí, řezných nástrojů, tvářecích nástrojů, stříhacích nástrojů, forem nebo měřidel. Největší pozornost u nástrojových ocelí je soustředěna právě na mechanické a technologické vlastnosti (pevnost, tvrdost, houževnatost, kalitelnost, odolnost proti popuštění a další). Nepostradatelnou operací pro zajištění funkčnosti nástrojů je jejich tepelné zpracování, čímž se získá struktura oceli vhodná pro vlastní opracování a konečné vlastnosti nástroje. Nejčastěji se nástrojové oceli zpracovávají kalením a opakovaným popouštěním. V současnosti jsou v České republice rozsáhlé možnosti vakuového kalení v nových kapacitách kalíren s precizním řízením a kontrolou procesu zušlechťování.

Ani takto vyrobené nástroje však mnohdy nemají požadovanou životnost, takže se hledají efektivnější řešení. Jednou z možností je povlakování nástrojů tenkou, tvrdou otěruvzdornou vrstvou, vhodnou pro daný způsob namáhání nástroje. Povrchové úpravy tedy splňují nejen jednotlivé požadavky na ochranu materiálů a nové funkční vlastnosti povrchů, ale napomáhají i k pozitivnímu vývoji strojírenství a řady dalších oborů či výrobních činností. Cíle povrchových úprav jako nedílné součásti především strojírenských technologií splývají s požadavky rozvoje celého strojírenství. Jde především o zvyšování provozní spolehlivosti a životnosti, snižování výrobních nákladů, zlepšování kvality a omezování znečišťování životního prostředí [1, 2].

Pozitivní směry rozvoje povrchových úprav u nás je možno spatřovat v řadě oblastí. Při zvyšování objemu prací prováděných při výrobě polotovarů a ve větších provozech povrchových úprav, čímž dochází k efektivnějšímu využívání materiálů a snižování energetické náročnosti [2].

V dnešní době došlo k značnému kvalitativnímu rozvoji v oblasti galvanotechniky především zavedením slitinových povlaků zinku v oblasti protikoroze a kompozitních i slitinových povlaků v oblasti funkčních využití. Značný rozvoj byl zaznamenán u povlaků a vrstev připravených metodami chemické (CVD) a fyzikální (PVD) depozice s využitím plyných fází a jejich reakcí. V řadě aplikací jsou používány již běžně i nové nanotechnologické vrstvy. Úspěšně se rozvíjely technologie práškových bezrozpouštědlových materiálů a vodou ředitelných nátěrových hmot [2].

2. CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je výzkum a vývoj povrchových úprav na ruční nástroje, kde bude zmíněna také problematika materiálů pro ruční nástroje a náradí a jejich tepelné zpracování. Dále budou přehledně popsány dnes používané metody povrchových úprav. Pozornost bude zaměřena především na aplikaci povrchových úprav ručních nástrojů pro zvýšení jejich životnosti a popis moderních technologií v oblasti povrchových úprav.

V experimentální části bude zmapována technologie výroby bitů ve firmě Wera Werk s.r.o. včetně povrchových úprav. V jednotlivých krocích (materiál, chemicko-tepelné zpracování, lakování) bude posouzena kvalita technologie. Dále bude provedeno komplexní hodnocení povrchových úprav bitů v příčném řezu i na povrchu. Cílem bude také řešení problémů s lakováním bitů.

Pro pozorování bude využito metod světelné a rastrovací elektronové mikroskopie vybavené energiově disperzní chemickou mikroanalýzou. V neposlední řadě budou měřeny průběhy tvrdostí základního a chemicko-tepelně zpracovaného materiálu.

3. LITERÁRNÍ PŘEHED PROBLEMATIKY

3.1 MATERIÁLY PRO RUČNÍ NÁSTROJE A JEJICH TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

Jako materiál pro ruční nástroje jsou používány především nástrojové oceli, popř. i některé konstrukční oceli. Výkonnost a spolehlivost nástroje závisí na mnoha činitelích. Kromě volby vlastního nástrojového materiálu jsou to velikost a druh mechanického namáhání, jemuž je nástroj vystaven, vliv pracovních podmínek (zejména dlouhodobé působení pracovní teploty, případně nárůst teploty na pracovní hraně nástroje), zvolená geometrie nástroje, u rychlořezných ocelí i vlastnosti obráběného materiálu (především obrobitelnost) [3].

Zkušební ukázaly, že životnost nástrojů závisí nejen na chemickém složení a tepelném zpracování, ale také na vlastnostech polotovarů tj. stupni protváření, čistotě apod. Výběru ocelí na nástroje je potřeba věnovat zvýšenou pozornost, protože výroba nástrojů je obvykle pracná a cena vysoká, takže tvoří nezanedbatelnou položku ve výrobních nákladech. Pokud ovlivňuje cenu nástroje podíl lidské práce, je ekonomičtější použít dražší legované oceli, protože vyšší cena nástroje je vyvážena vyšší životností [4].

Oceli na ruční nástroje a nářadí

Pracovní podmínky ručních nástrojů a nářadí jsou definovány s menší přesností. Především se požaduje vysoká odolnost proti opotřebení, dobrá houževnatost a řezivost. Některé nástroje musí mít zvýšenou odolnost proti korozi. U ručních nástrojů jsou obvykle menší požadavky na mechanické vlastnosti a na životnost, takže se vystačí v řadě případů s nelegovanými, event. nízkolegovanými ocelmi. Na výrobu některých nástrojů se používají také konstrukční oceli. Tvrdost nástrojů je nutno volit podle způsobu použití [4].

Z ocelí této skupiny se zhotovují ruční nástroje pro obrábění, pro řezání, krájení, sekání, ruční nástroje pro stříhání, ruční nástroje pro tváření, montážní nářadí, jehly a jiné druhy ručních nástrojů a nářadí. Doporučené oceli na ruční nástroje jsou uvedeny v tab. 3.1 [4].

Tab. 3.1 Nástrojové oceli pro montážní nářadí

Nelegované	19 083 (1.1730), 19 133 (1.1520)
Nízkolegované	19 452 (1.2101)
Konstrukční	14 160

Od materiálů na nástroje se požaduje obecně řada základních vlastností, z nichž některé jsou pro všechny typy nástrojů společné, jiné jsou specifické pro jednotlivé druhy nástrojů a způsob jejich pracovního nasazení. Jde zejména o tyto vlastnosti:

Tvrdost a pevnost

Tvrdost je závislá na obsahu uhlíku, vzrůstá s jeho rostoucím obsahem asi do 0,8%, nad 1,0% se tvrdost již v podstatě nemění. Ve struktuře však roste množství cementitu, který zlepšuje odolnost proti opotřebení. Určité zvýšení tvrdosti lze dosáhnout přísadou karbidotvorných prvků, hlavně chromu, molybdenu, vanadu, wolframu, popř. titanu [3].

Pevnost nástrojových ocelí závisí na pevnosti základní matrice, kterou tvoří obvykle nízkopopuštěný martenzit a malé množství zbytkového austenitu. Dále závisí také na množství, velikosti, tvaru a uspořádání karbidů. Pevnost nástrojových ocelí silně snižují zbytky eutektického karbidického skeletu řetízky sekundárních karbidů a karbidická řádkovitost. Zálež také na jakosti povrchu (po zakalení citlivost oceli na vruby) a pnutí. Značný vliv na pevnost má také velikost zrna. S rostoucí velikostí zrna klesají hodnoty pevnosti i meze kluzu, přičemž se k sobě nežádoucně přibližují [4].

Houževnatost

Závisí na chemickém složení oceli, tepelném zpracování, výsledné struktuře a její stejnoměrnosti, na velikosti zrna a obsahu nečistot, vměstků a nežádoucích prvků. Nežádoucí struktura je s výraznou karbidickou řádkovitostí, která způsobuje nerovnoměrné rozložení a shlukování karbidů a způsobuje nestejnoměrné vlastnosti nástroje. Nejvíce snižují houževnatost karbidy vyloučené na hranicích zrn jako řetízky nebo sít'oví. Toto lze odstranit vhodným tepelným zpracováním nebo prokováním nástroje [3, 4].

Kalitelnost a prokalitelnost

U řady nástrojů požadujeme vysokou tvrdost povrchu při velmi dobré houževnatosti jádra. V jiných případech požadujeme dobré prokalení i ve větších průřezích. Uhlíkové oceli vyhovují těmto požadavkům jen velmi omezeně, proto musíme většinou použít legované oceli, jejichž složení se volí podle požadavků na jejich použití. Zakalitelnost je jednou ze základních vlastností nástrojových ocelí, protože ovlivňuje odolnost proti opotřebení a také řezivost. Při nízké tvrdosti klesá také mez kluzu, takže plastická deformace probíhá při nižším napětí. Tvrdost oceli po zakalení závisí hlavně na obsahu uhlíku. Prokalitelnost závisí na rychlosti ochlazování z austenitizační teploty, na chemickém složení oceli a na velikosti zrna po výdrži na austenitizační teplotě. Prokalitelnost nástrojových ocelí zvyšují hlavně mangan, chrom, molybden, méně nikl, křemík, wolfram a uhlík [3, 4].

Odolnost proti popuštění (teplotní stálost)

Je rozhodující pro nástroje, které pracují při vyšších teplotách, tj. řezné nástroje, nástroje pro tváření za tepla, formy pro lití kovů apod. Odolnost se posuzuje podle poklesu tvrdosti při dlouhodobém ohřevu nástroje na vyšší teplotu. U uhlíkových ocelí klesá tvrdost již při teplotách okolo 200 °C. Čím vyšší je odolnost proti popouštění nástrojové oceli, tím větší může být tepelné namáhání břitu. Odolnost proti popouštění se zlepšuje nejčastěji přísadou karbidotvorných prvků Cr, W, Mo, V, Ti, případně přísadou kobaltu nebo chlazením nástroje [3, 4].

Obrusitelnost

Je důležitou technologickou vlastností nástrojových ocelí, protože u každého nástroje se dokončuje úprava funkčních povrchů broušením. Při této operaci se odstraňuje oduhličená resp. oxidovaná vrstva a deformace vzniklé při tepelném zpracování. Obrusitelnost nástrojových ocelí závisí na tvrdosti matrice, obsahu zbytkového austenitu a na množství, velikosti a tvrdosti karbidů. Obrusitelnost zhoršují silně karbidy vanadu, které mají vysokou mikrotvrdost. Nepříznivě působí zejména velké karbidy a potíže způsobuje také sít'oví cementitu, ve kterém vznikají snadno při broušení prasklinky rychle se šířící po skeletu [4].

Stálost rozměrů

Rozměrové i tvarové změny jsou způsobovány tepelným a strukturním pnutím. Rozměrové změny i tvarové deformace lze do určité míry omezit pozvolnějším ohřevem na kalící teplotu, kalením nástrojů do mírnějších prostředí (vzduch, teplá lázeň) nebo ochlazováním v přípravku pod lisem. Ke zvýšení rozměrové stálosti přispívá dlouhá výdrž na teplotě 100 °C. Malé deformace po kalení mají oceli, u kterých zůstává po zakalení v matici určité množství zbytkového austenitu [4].

Struktura nástrojových ocelí

Strukturu po zakalení tvoří obvykle martenzit nebo směs martenzitu a bainitu, zbytkový austenit a karbidy. Obrobitelnost nástrojových ocelí se zlepšuje vyžiháním na měkko. Struktura po vyžihání na měkko je tvořena feritem a karbidy. Tvrdost nástrojových ocelí po zakalení se udává obvykle v jednotkách HRC a po vyžihání na měkko HB [5].

Po zakalení ocelí s vyšším obsahem uhlíku, nebo legujících prvků, které snižují teplotu M_s (Mn, Ni, Co), zůstává v oceli určité množství zbytkového austenitu. Ten snižuje tvrdost ocelí, proto se nadeutektoidní oceli kalí z teplot nad A_1 , kdy část uhlíku a legujících prvků zůstává vázána na karbidy a jejich nižší obsah v austenitu vede ke zvýšení teploty M_s . Zbytkový austenit působí příznivě proti praskání nástrojů při kalení. S rostoucím obsahem zbytkového austenitu se totiž zmenšují deformace při kalení (martenzit má větší objem než austenit) a roste houževnatost oceli. Zbytkový austenit se při popouštění transformuje na martenzit [5].

Karbidy v nástrojových ocelích zvyšují tvrdost a jsou tvrdší než matrice. Způsob vyloučení karbidů v matici má vliv na plastické vlastnosti a houževnatost nástrojových ocelí. Vyloučení karbidů lze změnit tvářením, při němž se karbidy drtí a jsou přednostně orientovány ve směru tváření. Tím vzniká pro tvářené nástrojové oceli charakteristická řádkovitost, kterou lze ovlivnit technologií tváření. U litých nástrojů je nutné počítat s karbidickým síťovým [5].

Tepelné zpracování nástrojových ocelí

Tepelné zpracování ocelí vyvolává změny struktury, které podstatně mění jejich vlastnosti v žádaném směru. Jeho smyslem je získat strukturu vhodnou pro vlastní zpracování oceli (dělení, tváření, mechanické opracování apod.), jednak získat finální užité vlastnosti nástroje. Hutní výrobky (tyčová ocel, výkovky) se u nástrojových ocelí dodávají zpravidla ve stavu po žihání naměkko. Nástroje získávají konečné vlastnosti obvykle kalením a popouštěním [4].

Žihání

Společným znakem žihacích pochodů je poměrně dlouhá výdrž na žihací teplotě a pozvolné ochlazování. Podle způsobu žihání rozlišujeme žihání na měkko, jehož cílem je vytvoření struktury globulárního perlitu. Umožňuje získat ocel s malou tvrdostí, dobrou obrobiteľností a tvařitelností zastudena. Struktura po žihání naměkko je zpravidla výchozí strukturou před konečným tepelným zpracováním nástroje [4].

Žihání na snížení pnutí se provádí nejčastěji při teplotách 600 – 650 °C po dobu asi 1 h s pomalým ochlazením na vzduchu, účelem je zmenšení vnitřního pnutí, které je způsobeno předchozími obráběcími operacemi nebo tvářením zastudena. Toto žihání se často provádí po hrubování jako mezioperační žihání při výrobě přesných a rozměrnějších nástrojů komplikovanějších tvarů, kde se požadují malé tvarové změny po kalení. Zařazuje se před konečným dohotovením tvaru nástroje, aby se zbytkové pnutí neuvolňovalo až během ohřevu na kalicí teplotu [4].

Žihání normalizační se provádí zpravidla po kování u některých ocelí (nelegované a nízkolegované), kdy lze předpokládat různorodost struktury zejména u výkovků složitějších tvarů vlivem rozdílného stupně pro kování nebo vlivem různé rychlosti ochlazování jednotlivých míst od povrchu ke středu výkovku. Získá se struktura s rovnoměrně rozloženými karbidy, jemnozrnná a homogenní [4].

Kalení

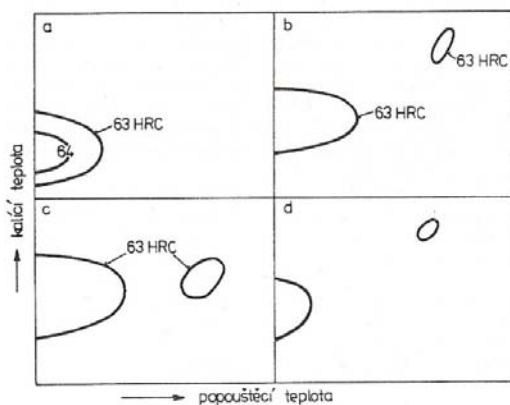
Konečné vlastnosti nástroje se získávají kalením ve spojení s popouštěním. Tento postup se tak stává nejdůležitější operací při výrobě nástrojů. Kalení spočívá v ohřevu na teplotu austenitizace a následném rychlém ochlazení pod teplotu počátku vzniku martenzitu. Předměty se mají ohřívat na kalicí teplotu pozvolna a rovnoměrně. Je vhodné ohřívat v několika teplotních stupních, především pak oceli vícelegované se zhoršenou tepelnou vodivostí. Austenitizační teplota musí být zvolena tak vysoko, aby došlo k rozpuštění přiměřeného množství karbidů a tím obohacení austenitu uhlíkem a dalšími prvky, které se na tvorbě karbidů podílely.

Po předepsané výdrži na kalicí teplotě se ocel ochladí ve vhodném prostředí (vzduch, olej, solná lázeň, voda) takovou rychlostí, aby se co nejvíce austenitu přeměnilo na martenzit. Ochlazovací prostředí nemá být větší než je bezpodmínečně nutné k dosažení maximální tvrdosti (je mírně nadkritická) [4].

Popouštění

Finální vlastnosti nástroje po kalení se získávají následným popouštěním. Nástroje jsou po kalení křehké a náchylné k praskání. Bezpodmínečně je proto nutné jejich okamžité popouštění. Výše popouštěcí teploty se volí podle požadované tvrdosti, resp. pevnosti nástroje a dalších potřebných mechanických vlastností. Nástroje pro práci za studena se obvykle popouštějí v rozmezí 150 – 300 °C. Ohřev má být pozvolný s dostatečnou prodlevou na teplotě, která umožní, aby popouštění proběhlo v celém objemu nástroje [4].

Tvrdost po popouštění ukazují popouštěcí křivky nebo vrstevnicové diagramy, viz obr. 3.1. Nástroje z legovaných ocelí pro práci za studena, které se kalí na sekundární tvrdost, a z ocelí pro práci za tepla popouštíme obvykle nejméně 2krát. Násobným popouštěním dosahujeme dokonalejšího rozpadu zbytkového austenitu a transformace sekundárního martenzitu, který vzniká rozpadem tohoto austenitu [4].



Obr. 3.1 Základní typy vrstevnicových diagramů [4]

Zmrazování

Zmrazování je speciální postup tepelného zpracování, který slouží k zamezení vzniku a stabilizaci zbytkového austenitu u ocelí, které mají konec martenzitické přeměny při nižších teplotách než je teplota místnosti (oceli s vyšším obsahem uhlíku, oceli výše legované). Zbytkový austenit ve struktuře má obvykle za následek menší tvrdost po kalení a vznik větších vnitřních pnutí při jeho postupném rozpadu při normální teplotě a tím vznik zvýšených deformací, rozměrových změn a snížení houževnatosti. Zmrazování má své opodstatnění zejména při větším požadavku na rozměrovou stálost nástrojů i současném požadavku na dosažení a zachování co největší tvrdosti (měrky, kalibry, kuličková ložiska, cementované nástroje apod.) [4].

Kalení ve vakuové peci

Přenos tepla ve vakuu je zajištěn pouze sáláním, takže ohřev při teplotách nižších než 700 °C je relativně pomalý. Vakuové pece jsou proto vhodné, pokud jsou kalicí teploty vyšší než 1000 °C. Před vložením do pece se nástroje ukládají do přípravku, aby se snížili deformace při ohřevu a ochlazování. Po výdrži na austenitizační teplotě se nástroje ochlazují buď v proudu inertního plynu (dusík, argon, helium, vodík), v oleji s nízkým tlakem par, ve vodě nebo v solné lázni. Nejlepší vzhled povrchu mají nástroje ochlazované inertním plynem [4].

3.2 POVRCHOVÉ ÚPRAVY

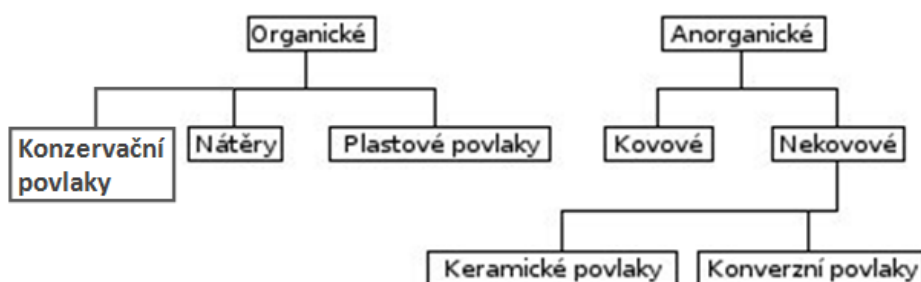
Při užívání strojírenských výrobků dochází k jejich vzájemnému styku i k interakci s okolním prostředím a tím i k jejich povrchové degradaci vlivem opotřebení, koroze a dalších vlivů. Povrchové úpravy se tedy významně podílí na výsledné jakosti technického zařízení. Ovlivňují jeho životnost, provozní spolehlivost a tím i využitelnost, pohotovost, nároky na údržbu. Povrchová ochrana ovlivňuje nejen funkčnost strojírenských výrobků, ale i jejich vzhled [6].

Chrání součást před korozním prostředím, zajišťuje lepší fyzikální vlastnosti a odolnost proti opotřebení a má také dekorativní funkci. Pochody při vytvoření povrchové vrstvy lze provádět fyzikální, chemickou nebo difúzní cestou. Úspěšné vyřešení ochrany materiálů je podmíněno vždy přesným vymezením všech technických, ekonomických i ekologických kritérií a faktorů charakterizujících daný problém [6, 7].

3.2.1 Typy povrchových úprav

Z hlediska strukturní povahy se povrchové úpravy dělí na povlaky a vrstvy. Povlak je na materiál nanášen, zvětšuje rozměr součásti a mezi povlakem a součástí dochází ke skokové změně mechanických, fyzikálních a chemických vlastností. Tato nestejnorodost vlastností vede ve většině případů k problémům při nanášení povlaků. Tloušťka povlaku závisí na základním materiálu a druhu aplikace. S rostoucí tloušťkou klesá přilnavost, protože roste tahové napětí v povlaku. Vrstva je součástí materiálu, u níž dochází vnějším působením k chemické a strukturní změně materiálu, tedy funkční gradient změn vlastností je pozvolný. Povrchová vrstva a základní materiál jsou odděleny přechodovou oblastí iniciovanou difúzními pochody. Z tohoto důvodu neexistuje mezi povrchovou vrstvou a základním materiálem ostré rozhraní [7, 8].

Z hlediska chemického dělíme povlaky a vrstvy na organické a anorganické dle obr. 3.2.

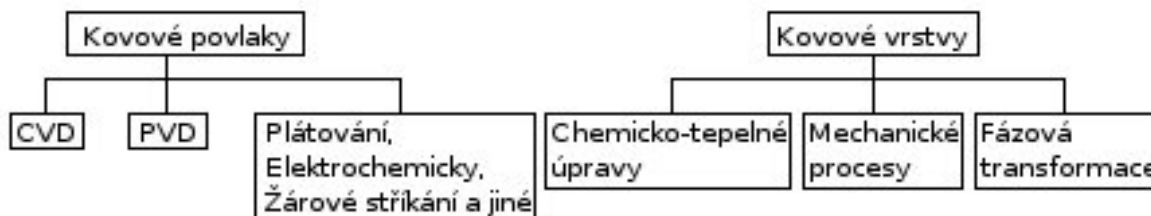


Obr. 3.2 Základní dělení povrchových úprav [9]

Organické povlaky plní ochrannou funkci založenou především na bariérovém způsobu mezi součástí a prostředím. Nátěrové hmoty (asfaltové, syntetické, silikonové, olejové, ...) jsou nejstarším, nejběžnějším a dosud nejekonomičtějším prostředkem ve všech průmyslových oborech. Mají vysoký ochranný účinek proti chemickým vlivům, ale špatný proti vlivům mechanickým. Plastové povlaky se nejčastěji nanášejí na součást elektrostatickým naprašováním, které se po roztavení spojí a vytvoří souvislý celek. Další způsoby, jakým lze tyto povlaky připravovat jsou např. obkládání (plátování), ponoření předeřátých předmětů do vířícího prášku nebo nalepování fólií. Slouží nejen jako protikoroze ochrana, ale také jako ochrana proti opotřebení, lepivosti atd. Jako konzervační povlaky se používají oleje a vosky [6, 10, 11].

Anorganické povlaky lze dělit na kovové a nekovové. Mezi nekovové povlaky řadíme keramické povlaky (např. oxidová keramika Al_2O_3 , ZrO_2 , TiO_2) a konverzní povlaky (fosfátování, chromátování, oxidové povlaky). Patří sem také kovokeramické povlaky a povlaky z jiných anorganických sloučenin [10, 11].

Zvláštní pozornost zasluhují kovové vrstvy a povlaky, jejichž rozdělení je na obr. 3.3.



Obr. 3.3 Rozdělení kovových povrchových úprav [9]

Kovové povlaky a vrstvy se nejčastěji nanáší metodami PVD a CVD, popř. smíšenou metodou PACVD. Metoda plátování se používá k vytváření tlustších ochranných povlaků (řádově 0,1 až několik mm). Elektrochemické pokovování je známo především u tvarově složitých součástí, avšak v poslední době je pozornost věnována na zhotovování povlaků bez využití vnějších zdrojů proudu, např. bezproudově z roztoků, žárovým ponorem nebo žárovým stříkáním. Kovové vrstvy lze připravovat chemicko-teplným zpracováním, při němž se uplatňují difúzní pochody a povrch materiálu je obohacován vhodnými prvky (C, N, B, Cr), které následně na povrchu materiálu vytváří tvrdé a ořezuvzdorné vrstvy. Povrch lze také zpevnit plastickou deformací za studena pomocí mechanických procesů (kuličkování, otryskání, válečkování) nebo v poslední řadě fázovou transformací – povrchovým kalením [6, 9, 10].

Dělení povrchových úprav je velice rozmanité, dají se také dělit podle účelu použití na: ochranu proti klimatickým a korozním vlivům, na dosažení zvýšených mechanických, fyzikálních a chemických vlastností (zvýšení tvrdosti, elektrické vodivosti, odolnosti proti opotřebení) dekorativní účely, speciální účely. Podle funkce na povlaky: izolující kov od znehodnocujícího prostředí, mechanického vlivu, se specifickou funkcí (s pasivačním účinkem, maskovacím účinkem). Z technologického hlediska dělíme povlaky a vrstvy na fyzikální (PVD) a chemické (CVD, nitridace, anorganické nekovové vrstvy) [9, 10].

3.2.2 Anorganické nekovové povlaky

Konverzní povlaky

Tyto vrstvy vznikají chemickou nebo elektrochemickou reakcí kovového povrchu s prostředím, jemuž je daný kov vystaven během povrchové úpravy. Na vytvoření anorganické konverzní vrstvy se podílí jak kov, tak i prostředí, přičemž tyto vrstvy se vytvářejí směrem od povrchu do materiálu. Konverzní vrstvy se využívají k různým účelům. Mimo využití v protikorozi ochraně jsou některé vrstvy vhodné jako určitý druh mazadla při tváření nebo zabíhání, jiné se uplatňují svými elektroizolačními vlastnostmi, tvrdostí, odolností proti otěru i dekorativním účinkem. Nejčastěji se jedná o vrstvy oxidů, fosforečnanů a chromátů kovů [6].

Barvení (oxidace) kovů

K nejstarším způsobům povrchové ochrany ocelí patří ochrana tenkou vrstvou oxidů, které získáme ohřevem při zvýšené teplotě. Tímto způsobem můžeme vytvořit oxidické vrstvy různé tloušťky v závislosti na teplotě a době ohřevu (od popouštěcích barev po kovářské černění). Oxidické vrstvy na oceli mají většinou zvýšit ochranný účinek proti korozi a dodat povrchu určitý dekorační vzhled. Vzhledem k malé tloušťce těchto vrstev (500 až 800 nm) je jejich ochranný účinek malý a pro zvýšení korozní odolnosti se ještě impregnují. Vrstvy obvykle dobře chrání proti povětrnostním vlivům, odolávají potu a těžko se odírají [6].

Nejčastěji používaným oxidačním procesem je **černění oceli** v alkalických lázních (tzv. brunýrování), vzniklá tenká oxidická vrstva hnědočerné až černé barvy zlepšuje vzhled i korozní odolnost výrobků. Černění je vhodné pro uhlíkové a nízkolegované oceli, méně vhodné však pro litinu a vysoce legované oceli [6].

Do této skupiny povrchových úprav patří i barvení neželezných kovů a oxidace hliníku (eloxování). Dále velmi málo používaná oxidace v pecích, která závisí na přesném přístupu kyslíku a dané teplotě. A také oxidace v solných lázních, kde roztavené soli jsou směsí dusičnanů a dusitanů, případně chloridů. Tloušťka vrstvy je asi 10 μm. Využívá se v oblasti zbraní a optických zařízení [6, 7].

Fosfátování

Jedním z nejrozšířenějších způsobů chemické úpravy povrchu je fosfátování, při kterém se na povrchu vytvářejí nerozpustné krystalické terciální fosforečnany zinku, železa, vápníku a manganu. Je to ekonomicky levný a jednoduchý proces [6].

Fosfátové vrstvy jsou odolné proti korozi (i proti mořské vodě), ale přímá ochrana samotnými fosfátovými vrstvami má význam jen ojedinělý. Mechanická pevnost vrstev je malá, vrstva je měkká a nesmí být poškozena. Fosfátová vrstva je také vždy pórovitá, přestože působí dojem celistvosti. Fosfát má velmi dobrou přilnavost, dobré kluzné vlastnosti, vytváří šedou, na dotek sametově působící vrstvu [6, 7].

Důležitou vlastností pevně lpících fosfátových vrstev je jejich schopnost vázat na sebe některé organické látky, čímž získá požadovanou ochranu. Dodatečná úprava spočívá v nasycení konzervačními a impregnačními prostředky, nátěrovými hmotami nebo pasivací [6].

Chromátování

Chromátování je nejrozšířenějším způsobem pasivace. Jsou to levné a účinné vrstvy vytvořené při oxidaci v kyselině chromové. Pasivační vrstva obvykle dvojchromanu draselného slouží jako ochrana před lehkým korozním napadením, jedná se především o Zn povlak [6, 7].

Používá se v široké míře pro zvýšení korozní odolnosti oceli i neželezných kovů, tedy jako konečné úpravy pro lehká korozní prostředí i jako mezivrstvy pod organické nátěry, zvyšující jejich přilnavost a zamezující pronikání korozního media pod povlak. Chromátovací lázně mohou být alkalického nebo kyselého typu [6].

Keramické povlaky (smaltování)

Smalty jsou typickým představitelem nekovových anorganických povlaků. Jejich ochranná funkce spočívá ve vytvoření nerozpustné, celistvé vrstvy natavené na podkladovém kovu, která izoluje kov od působení agresivních prostředí [6].

Vrstvy smaltu se na povrch nanáší ve formě suspenze (břečky) poléváním, máčením nebo stříkáním (u litinových předmětů i poprášením) a po vysušení se vypalují při 800 až 950 °C. Nanáší se základní a krycí vrstva nebo jednovrstvé smalty. Moderními způsoby je nanášení v elektrickém poli (bez sušení) a elektroforézní nanášení [6].

Předností sklovitých minerálních smaltů je to, že jsou souvislé, mají vysokou odolnost proti otěru a izolační schopnost při současném ozdobném efektu. Výhodou je i dlouhá životnost za vyšších teplot (běžně 700 °C, speciální až 1100 °C). Nevýhodou smaltů je jejich křehkost a tím možnost poškození povlaku nárazem. Vzhledem k výhodným vlastnostem se technického smaltování poměrně často používá, zejména v chemickém a potravinářském průmyslu [6].

3.2.3 Anorganické kovové povlaky a vrstvy

Kovové povlaky

Nejdůležitějším hlediskem pro hodnocení ochranné funkce kovových povlaků je tloušťka a poréznost povlaku. Životnost povlaku je přímo závislá na tloušťce, neboť se tak snižuje počet korozně významných pórů. Optimální je ten stav, kdy je povlak neporézní [6].

Kovové povlaky vznikají z roztavených kovů a vylučované z roztoků. S ohledem na svou funkci v elektricky vodivém prostředí se kovové povlaky rámcově dělí na katodické a anodické vzhledem k základnímu kovu (obvykle oceli) v daném prostředí [6, 7].

Katodické ochranné povlaky

Oproti základnímu materiálu fungují jako katoda a na základě chemických potenciálů nekoroduje, jsou tedy ušlechtlejší. Povlaky Ni, Cu, Cr, Mo, Sn a ochrana Zn je zajištěna bariérovým efektem. Nebezpečí jejich použití spočívá v tom, že v případě větší poréznosti nebo porušení povlaku nastane intenzivní koroze anody, tj. základního kovu pod ochrannou vrstvou [6, 7].

Životnost katodických povlaků v atmosférických podmínkách je zpravidla dobrá, protože i za podmínek vzniku článku dochází ke korozi, ale korozní produkty mají většinou ochrannou funkci [6].

Anodické ochranné povlaky

Anodické povlaky fungují proti základnímu materiálu jako anoda, přednostně koroduje povlak. Korozní odolnost povlaků (Zn, Al, Mg) zajišťuje dlouhodobou stabilitu systému [6].

Jako anodické povlaky se uplatňují takové kovy, které sice reagují v daném prostředí, ale výsledkem je vznik korozních zplodin odolných proti další oxidaci. Vzniká tedy souvislý, kompaktní a pomalu narůstající povlak, který je chemicky, termodynamicky a mechanicky vysoce stabilní [7, 11].

Povlaky připravené tepelně-mechanickými procesy

Plátování kovy

Plátování neboli obkládání kovy se používá k vytváření tlustších ochranných povlaků (řádově 0,1 až několik mm). Vhodně kombinuje mechanické vlastnosti a levnost základního kovu s požadovanými vlastnostmi (korozivzdornost, odolnost proti opotřebení apod.) dražších materiálů vytvářených povlaků. Základní materiál má tedy funkci nosnou a plátovací pak funkci ochrannou [6].

Hlavní oblastí jejich aplikace je příprava povlaků z korozivzdorných ocelí. Pro zvýšení odolnosti proti opotřebení se prakticky nepoužívají. Jako příklady použití mohou být uvedeny povlaky kluzných materiálů na oceli (např. měď a její slitiny) [6, 11].

Žárové pokovování v roztavených kovech

Touto metodou lze poměrně jednoduše vytvořit povlaky o dostatečně velkých tloušťkách a s malou pórovitostí. Vlastní pokovení je rychlé, poměrně levné a velmi vhodné pro úpravu polotovarů, pásů, drátů apod. [6].

Vrstva roztaveného kovu, která po ztuhnutí ulpí na povrchu, je hlavní částí ochranného povlaku. Tepelným zatížením a reakcí s roztaveným kovem vznikají difúzní mezivrstvy intermetalických fází, které slouží k dobré přídržnosti povlaku, na druhé straně však zhoršují jeho mechanické vlastnosti. Nevýhodou této technologie je omezení na povlakové kovy s nízkou teplotou tání (Zn, Sn, Pb, Al) [6].

Žárové stříkání kovů (metalizace)

Principem je nanášení natavených částic kovu proudem vzduchu (nebo spalin) na povrch předmětu. Tímto způsobem lze nanášet povlaky libovolného kovu nebo slitiny na kov nebo jiný materiál (dřevo, papír, sádra, plastické hmoty, sklo, keramiku, tkaninu apod.). Tloušťka povlaku se dá řídit od tenkých vrstev po tlusté. Z toho vyplývá i široké použití této technologie jako např. k ochraně proti korozi a vysokým teplotám, k povrchové úpravě nekovových materiálů, k renovaci strojních součástí, při opravách vadných nebo porézních odlitků, speciální výrobu forem apod. [6].

Povlaky připravené tepelně-fyzikálními procesy

Navařování

Technologie navařování se provádí pomocí plamene, oblouku, plasmy nebo laseru. Teplota procesu je větší než teplota tavení. Základním materiálem pro tyto povlaky jsou kovové materiály. Tvrdost návaru závisí na chemickém složení a získaná tloušťka je 250 μm a více [11].

Metody PVD (Physical Vapor Deposition)

Při výrobě povlaků metodami PVD dochází k transportu nanášeného materiálu od zdroje na substrát. Povlaky jsou vytvářeny za sníženého tlaku kondenzací částic (atomů, případné shluků atomů), které jsou uvolňovány ze zdroje částic (terčů, tarotů) fyzikálními metodami (naprašováním nebo napařováním). Vrstva povlaku je vytvářena z jednotlivých dopadajících atomů [11, 12].

K nevýhodám všech metod PVD patří relativně složitý vakuový systém a požadavek pohybovat povlakovanými předměty (rotační držáky nástrojů), aby bylo zaručeno rovnoměrné ukládání povlaku po celém jejich povrchu. Mezi výhody lze zařadit možnost povlakování ostrých hran [12].

Povlaky připravené elektrochemickými procesy

Galvanické pokovování

Technologie galvanicky vylučovaných kovů a slitin je známa velmi dlouho, a to jak pro vytváření povlaků na modelech složitých tvarů (galvanoplastika), tak i tenkých povlaků na předmětech s cílem ochrany povrchu především proti korozi (galvanostegie). Základní důležitost pro tento obor mají elektrochemické děje a to zejména elektrolýza a pochody probíhající v galvanických člancích. Příkladem povlaků je mědění, mozasení, zinkování, kadmiování, cínování, stříbření, zlacení, niklování, chromování atd. [6].

Rozpustná anoda uvolňuje kladné ionty kovu do roztoku, které se na katodě vylučují jako čistý kov. Na rozhraní roztok - povrch je určité krystalizační napětí do 100 μm , kovový iont je neutralizován do mřížky. Elektrolyt tvoří roztok soli vylučovaného kovu a vodící sůl pro zvýšení elektrické vodivosti [7].

Povlaky připravené tepelně-chemickými procesy

Chemické pokovování

Podstatou chemického (bezproudového) pokovování je vylučování ušlechtilějšího kovu na povrch kovu méně ušlechtilého vlivem rozdílu potenciálů v roztoku, nebo vyredukováním kovu z jeho soli příslušným redukčním činidlem. Pokovovací lázeň se nejčastěji skládá ze soli kovu, který má být vyloučen a z redukčního činidla, které redukuje kovovou sůl na kov. Chemicky lze vylučovat povlaky téměř všech kovů [6].

Výhodou je především jednoduchost, neomezená hloubková účinnost lázně, tzn., že lze pokovovat i členité předměty v dutinách. Nevýhodou je menší vylučovací rychlost a nutnost obtížně regenerovat lázeň. Příkladem je chemické mědění, cínování, chromování, zinkování, stříbření, niklování atd. [11].

Metody CVD (Chemical Vapor Deposition)

Tato metoda je použitelná k vytváření povlaků z téměř všech kovových i nekovových prvků (např. C, Si). Deponovány mohou být i sloučeniny. Tato technologie se stává extrémně důležitou zejména při výrobě polovodičů a jiných elektronických komponent, při povlakování nástrojů, ložisek a dalších součástek odolávajících opotřebení, při výrobě korozně odolných součástí apod. [11].

Podle podmínek, za kterých probíhají chemické reakce a růst povlaků, rozlišujeme různé druhy CVD metod. Podle teploty se jedná o rozdělení na vysokoteplotní (HTCVD) a nízkoteplotní (LTCVD) CVD procesy. Členění podle tlaku je na metody CVD probíhající při normálním (APCVD), sníženém (SPCVD) nebo nízkém tlaku (LPCVD) [11].

Kovové vrstvy

Povrchové vrstvy připravené mechanickými procesy

Kuličkování, válečkování, otryskání, kalibrování, detonační zpevňování zlepšují drsnost povrchu a pevnostní charakteristiky povrchových vrstev pomocí plastické deformace za studena. Speciální technologie opracování (leštění, vtírání částic, hlazení) zlepšují topografie povrchu a zpevňují povrchové vrstvy [11].

Povrchové vrstvy připravené fyzikálními procesy

Iontová implantace

Proces probíhá ve vakuu (10^{-4} Pa) při teplotách do 150 °C. Nejčastější typy iontu jsou N, C, O (ale i kovy, zejména Cr, Mo, Ti, Al, Zn, Ta, Sn, Ag, Au atd.). Mezi hlavní výhody této metody patří možnost použití na libovolný substrát, koncentrace prvků implantovaných do substrátu může překročit mez rozpustnosti v dané látce, eliminace deformací (není vyžadována zvýšená teplota). Nevýhodou je obtížné nanášení na větší a zakřivené plochy a velikost předmětu je omezena velikostí vakuové komory s targetem [11].

Povrchové vrstvy připravené tepelnými procesy

Zpevnění fázovou transformací

Patří svou podstatou do technologie tepelného zpracování. Povrchové kalení je běžný způsob změny mechanických vlastností povrchových vrstev především u ocelí a svou podstatou patří do technologie tepelného zpracování. Účelem tohoto zpracování je zvýšení tvrdosti a odolnosti proti opotřebení povrchu součástí. V praxi se využívá ohřev plamenem, elektrickou indukci, laserem nebo elektronovým svazkem. Dosahuje se tloušťky povrchové vrstvy do 2,5 mm a tvrdosti 650 HV [6, 11].

Povrchové vrstvy připravené chemicko-tepelnými procesy

Chemicko-tepelné zpracování

Jedná se o povrchové úpravy, které spočívají ve vytváření nových povrchových vrstev, jejichž chemické složení se liší od chemického složení základního zpracovávaného materiálu. Změny chemického složení se dosahuje zejména sycením povrchové vrstvy různými prvky, které difundují do povrchových vrstev materiálu a následně vytváří na povrchu materiálu tvrdé a otěruvzdorné vrstvy. Legujícími prvky mohou být kovy i nekovy. Jsou to nejčastěji: uhlík (cementování), dusík (nitridování), hliník (alitování), chrom (chromování), křemík (silitování), síra a dusík (sulfonitridování), bór a jiné. Cílem bývá nejčastěji zvýšení tvrdosti povrchu, odolnosti proti opotřebení, zvýšení odolnosti proti únavě, to vše při zachování houževnatého jádra [8, 10, 11].

3.2.4 Organické povlaky

Nátěrové hmoty

Organické nátěrové hmoty jsou nejstarším, nejběžnějším a stále nejekonomičtějším prostředkem ve všech průmyslových oborech. Tvoří asi 80 až 90 % všech povlaků. Aplikace nevyžaduje složitá a komplikovaná zařízení, nejsou omezená tvarem a velikostí výrobku, nátěry jsou poměrně dobře opravitelné. Nátěrové hmoty jsou složeny z pojiva, rozpouštědla, pigmentů a plniva [6, 7].

Hlavním použitím nátěrových hmot je ochranný účinek (proti povětrnosti, mořské vodě, olejuvzdorný, ohnivzdorný, antivibrační ap.), důležité jsou však i další specifické účely jako např. dekorativní, signální, maskovací, fungicidní, baktericidní, svítící, matovací, elektrovedivý a jiné [6].

Plastové povlaky

Povlaky z plastů se vytvářejí z řady polymerů jako např. polyvinylchloridu, polyetylenu, polyamidu, teflonu, teflexu, akrylátů a celulózy, nejen jako protikorozní ochrana, ale i jako ochrana proti opotřebení, lepivosti atd. Vlastnosti a odolnost k různým prostředím těchto povlaků jsou dány především charakterem použitého plastu [6].

3.3 POVRCHOVÉ ÚPRAVY NA RUČNÍ NÁSTROJE

Chemické pokovování

Podstatou chemického (bezproudového) pokovování je vylučování ušlechtilějšího kovu na povrch kovu méně ušlechtilého vlivem rozdílu potenciálů v roztoku, nebo vyredukováním kovu z jeho soli příslušným redukčním činidlem. Pokovovací lázeň se nejčastěji skládá ze soli kovu, který má být vyloučen a z redukčního činidla, které redukuje kovovou sůl na kov. Chemicky lze vylučovat povlaky téměř všech kovů [6].

Pokovování bez použití elektrického proudu, prováděné tzv. chemickým způsobem, je velmi výhodné vzhledem k menší nákladnosti v porovnání s elektrolytickým pokovováním (nejsou zapotřebí zdroje stejnosměrného proudu, měřicí přístroje regulační zařízení atd.). Pracovní postupy při chemickém pokovování jsou dosti jednoduché, vrstva se vytvoří v krátké době, ovšem není možné vytvořit tlusté vrstvy jako při elektrolytické metodě. Chemicky lze pokovovat i součásti nekovové, z plastů, skla, keramiky, kůže, dřeva apod. [7].

Chemické chromování

Součásti z oceli, mědi a mosazi se chemicky chromují v lázni na bázi vody, chloridu chromitého, fluoridu chromitého, fosforanu sodného, citranu sodného, koncentrované kyseliny octové a hydroxidu sodného. Pracovní teplota lázně je asi 80 °C. Očištěné a odmaštěné součásti se pokovují 3 až 8 hodin [7].

Chemické chromování je výhodné proto, že vyloučený povlak je i u členitých předmětů rovnoměrný. Vzniklý povlak je pružný a neodloupává se, jeho korozní odolnost je dobrá. Chemické vylučování chromu na železe je někdy obtížné, proto se předměty slabě poměďují, někdy je nutné katalytické zavedení reakce (kontakt předmětu s méně ušlechtilým kovem). Lázně na chromování, stejně jako i ostatní, jsou patentovány nebo jinak chráněny a jejich složení je mnohdy obtížné analyzovat [6].

Chemické zinkování

Tato povrchová úprava se provádí na hliníku před galvanickým pokovováním. Zinkový povlak vytvořený tzv. zinečnatým mořidlem je vhodnou podkladovou vrstvou pod galvanický povlak, neboť je dobře přilnavý. Zinkování mědi a mosazi lze provádět v obdobných roztocích [6].

Se zvyšujícími se požadavky na ekologii se hledají cesty, jak nahradit klasické technologie zinkování. Jednou z možností je přidání disperzních částic zinku do matrice z nátěrové hmoty či plastů. Vznikne tak kompozitní povlak s vysokým obsahem zinkových částic. Takovouto technologií s disperzí zinku jsou povlaky z práškových plastů (polyuretany – epoxidy), které obsahují až 60% (objemových) částic zinku [13].

Tyto povlaky mají výborné protikorozní vlastnosti. Zajišťují katodickou ochranu chráněného ocelového materiálu (především při poškození povlaku) bez negativních dopadů této technologie na životní prostředí a bez vlivů zhoršujících mechanické vlastnosti chráněného materiálu u některých klasických technologií zinkování [13].

Chemické niklování

Chemické niklování se rozšířilo teprve po zavedení redukčního způsobu. Vzhledem k aplikacím i k poměrně nejvíce propracované technologii patří chemické niklování k nejčastějším způsobům chemického pokovování. Niklovací lázně mohou být slabě kyselé nebo slabě alkalické. Kyselé lázně jsou více rozšířeny, alkalické dávají proti lázním kyselým povlak vysoce lesklý s nižším obsahem fosforu a také vylučovací rychlost je nižší - používají se pro niklování hliníku [6].

Vyloučený povrch však není tvořen čistým niklem, ale slitinou Ni-P, přičemž obsah fosforu je značně závislý na kyselosti lázně, s rostoucí kyselostí roste i obsah fosforu. Obsah fosforu v povlaku má podstatný vliv na následné mechanické a chemické vlastnosti vyloučeného povlaku [7, 14].

Povlaky chemického niklu lze ještě tepelně ošetřit a zvýšit jejich tvrdost z 500 až 600 HV (0,1) na 900 až 1000 HV (0,1). Tyto hodnoty se již blíží tvrdosti chromového povlaku. Pozitivní je velmi nízká pórovitost chemického niklu a jeho velmi vysoká přilnavost spojená s rovnoměrnou tloušťkou pokovení i na dílech složitého tvaru, v mnoha případech tak není potřeba následně díly obrábět. Chemický nikl je používán v mnoha různých aplikacích a především tam kde je potřeba vysoké tvrdosti (45 – 55 HRC) a korozní odolnosti. Chemické niklování s vytvrzením je v některých aplikacích možné použít jako netoxickou náhradu za tvrdé chromování [7, 14, 15].

Galvanické pokovování

Technologie galvanicky vylučovaných kovů a slitin je známa velmi dlouho, a to jak pro vytváření povlaků na modelech složitých tvarů (galvanoplastika), tak i tenkých povlaků na předmětech s cílem ochrany povrchu především proti korozi (galvanostegie). Základní důležitost pro tento obor mají elektrochemické děje a to zejména elektrolýza a pochody probíhající v galvanických člancích [6].

Složení pokovovacích roztoků je velmi rozmanité. Pro všechny však platí, že složení lázní má být co nejstálější, tzn., že nesmí nastat samovolný rozpad účinných složek lázní. Pro stálost lázní i vlastnosti vyloučeného povlaku je důležitá hodnota pH lázně, která určuje rozmezí kyselosti nebo alkality, v němž zůstává kovová sůl v roztoku trvale rozpuštěná, nebo v němž se pokovováním dosahuje optimálních vlastností povlaku. Podle pH se galvanické lázně zhruba dělí na kyselé a alkalické. V potřebném rozmezí se pH udržuje vhodným obsahem kyseliny nebo alkálie. Složení lázní musí zaručovat neměnný potenciál vylučování žádaného kovu a hlavně dokonalou rozpustnost anod. Na anodách nesmí docházet k tvorbě oxidační látky (pasivaci), která by zhoršovala jejich rozpustnost [6].

Mikrostruktura povlaku může být buď sloupcová (tloušťka 5 μm a rovnoměrné vyloučení krystalů), vláknitá (vysoká rychlost usazování do 50 μm , jemnozrnná, tloušťka až 100 μm , tvořena komplexními ionty), nebo lamelární (tloušťka 10 až 100 μm , vysoký lesk, charakteristické pro chromové a niklové povlaky) [7].

Galvanické chromování

Elektrolytické nanášení chromu je jedním z nejdůležitějších a nejrozšířenějších druhů pokovování. Vyloučené chromové povlaky mají výjimečné chemické a fyzikální vlastnosti. Především je to velká odolnost proti korozi, a to za normální i zvýšené teploty, dále značná tvrdost s malým součinitelem tření, odolnost proti mechanickému opotřebení a odrazivost světla [7].

Chromový povlak se chová k podkladovému kovu jako katoda. Tím je vytvořen místní galvanický článek a dána možnost vzniku elektrochemické koroze. Rozkladem do mnoha dílčích galvanických článků je výsledné napětí každého článku mizivě malé a nestačí k rozpouštění podkladové vrstvy, tím je prakticky zabráněno korozi. Z tohoto důvodu je výhodné používání mikroporézního a mikrotrhlinkového chromování [6].

Chromové povlaky se používají na niklové, měděné, mosazné nebo zinkové podklady jako antikorozní ochranná vrstva, při ozdobném pokovování apod. Speciálními tvrdými povlaky se zlepšuje odolnost proti opotřebení různých ocelových a litinových součástí, popř. se zvětšují i rozměry (např. dílců, jejichž parametry jsou vlivem opotřebení již mimo tolerance) na požadované hodnoty [7].

Galvanické zinkování

Zinkování je tradiční povlak s relativně nízkými náklady, vhodný pro množství různých aplikací. Zinkovaný povrch je měkký a houževnatý, používá se jako dekorativní povlak s dobrou korozní odolností. Následné chromátování, popř. fosfátování zlepšuje korozní odolnost zinkované vrstvy a dodává jí typický stříbrný (modrý chromát) nebo zlatý (žlutý chromát) vzhled. Zinkové povlaky jsou vylučovány bez mezivrstev [6, 15].

Elektrolytickým vylučováním zinkového povlaku, zejména na ocelových součástkách, se využívá anodického ochranného účinku zinku, zvláště tam, kde jsou tyto součástky vystaveny vlivům atmosféry nebo vody. Kromě toho se zinek pokrývá povlakem oxidu a uhličitanu zinečnatého, který zpomaluje další korozi nebo jí zabraňuje. S rozvojem bezkyanidového, zvláště kyselého, zinkování v posledních letech se čím dál více používá této technologie i k dekorativnímu pokovení jako náhrada tradičního niklování event. chromování ve spotřebním průmyslu, v průmyslu nábytkářském, automobilovém aj. V praxi se používá několik základních typů elektrolytů, z kterých lze vyloučit matné i lesklé zinkové povlaky [6].

Lázně mohou být kyanidové, kde je zinek vázán jednak v komplexním kyanidu zinečnatosodném a jednak v zinečnanu sodném. V bezkyanidové alkalické lázni je zinek přítomen ve formě zinečnanu a jako komplexotvorné látky se používají různé organické přísady. Nejmodernějšími typy zinkovacích lázní jsou slabě kyselé lázně. Lázně se vyznačují vysokou rychlostí vylučování, tažností povlaku i dobrou hloubkovou účinností. Vodicí solí je chlorid amonný, který má vysokou rychlost, dobrou kvalitu a hloubkovou účinnost, přidávají se také leskutvorné přísady (organické látky) [6, 7].

Galvanické zlcení

Pro zlcení se též používá kyanidových lázní, ale pracuje se i v lázních chloridových s přísadou fosforečnanu a ferrokyanidu. Silnější povlaky mají význam pro výrobu drahé bižuterie a luxusních předmětů. Drobné výrobky se zlatí chemicky, mosazné přímo, ocelové po předcházejícím mědění nebo mosazení [6].

Galvanické niklování

Galvanické niklování je nejstarší způsob pokovování. Niklových povlaků se používá jako konečných nebo jako mezipovlaků při chromování. V průmyslu se používají jako nejčastější pokovování všech významnějších základních materiálů (měď, mosaz, ocel, zinek, litina), a to buď jako antikorozní ochrana, nebo pro ozdobné účely. Ocelové a hliníkové předměty lze niklovat přímo na základní materiál, často se však z ekonomických důvodů používá kombinace měď-nikl. Povlaky vyloučené z běžných niklovacích lázní jsou matné až pololesklé. V nedávné době byl vyvinut nový typ lázní pro tzv. lesklé niklování, takže niklové povlaky vzniklé v takových lázních není třeba upravovat dodatečným leštěním jako povrchy matné a pololesklé [6, 7].

V současné době je na trhu řada niklovacích lázní různých vlastností. Základními požadavky na povlakový systém je dobrá korozní odolnost při relativně malé tloušťce povlaku, výborné vzhledové vlastnosti a současně dobrá ekonomika provozu. Vzhledem k vyšší ceně niklu a jeho deficitu je nutno věnovat úsporám niklu pozornost [6].

Současná literatura vyzdvihuje použití tzv. duplexních nebo triplexních niklových povlaků. Principem těchto kombinací je postupné vylučování dvou nebo tří povlaků niklu odlišných mechanických a korozních vlastností. Prvý povlak niklu má velmi dobrý vyrovnávací účinek a přilnavost k základnímu materiálu. Neobsahuje síru z leskutvorných přísad, jeho struktura je sloupkovitá a vzhled pololesklý. Druhý niklový povlak má velmi vysoký lesk s relativně vysokým obsahem síry, jeho struktura je laminární. Obdobně je tomu i u triplexních soustav [6].

Existuje několik základních typů používaných elektrolytů. Samotné síranové lázně (Wattsovy) se nepoužívají. Většinou se jedná o takové lázně, jejichž hlavní složkou je síran nikelnatý NiSO_4 s přísadou alespoň minimálního množství chloridu nikelnatého NiCl_2 . S přidavkem různých přísad je možno vyloučit i povlaky pololesklé a lesklé. Také používání samotných chloridových niklovacích lázní je omezené, neboť mechanické vlastnosti vzniklých povlaků jsou špatné. Z chloridových lázní lze po přidavku leskutvorných a vyrovnávacích přísad vylučovat vysoce lesklé niklové povlaky. V síranohořečnatých lázních je mimo síranu nikelnatého nositelem kovu i síran hořečnatý. Vyloučené povlaky jsou jemnozrnné a matné. V galvanoplastice se používá lázní s vysokou koncentrací kovu, takže je možno pracovat s vysokými proudovými hustotami. Lázně mají vysokou vodivost a vylučovací rychlost. Jedná se především o lázně fluoroboritanové a sulfamátové [6].

Povlaky nikl-diamant

U technologií galvanického a chemického pokovení se otěruvzdorné a funkční povlaky vylučují především na bázi niklu. Pro vylučování otěruvzdorných kompozitních povlaků se jako matrice nejčastěji používá nikl, neboť niklový povlak má pro tento účel výhodné vlastnosti. Nikl je rovněž schopen vytvářet s různými prvky slitinové povlaky, čímž se dosahuje zlepšení vlastností matrice povlaků [16].

Kompozitní povlaky typu nikl-diamant se používají především jako funkční povlaky obráběcích (brusných) nástrojů a povlaky silně namáhané otěrem. Kompozitní povlaky našly nejdříve své velké opodstatnění u brusných obráběcích nástrojů. Kvalita obráběcích nástrojů s kompozitními brusnými povlaky závisí kromě vhodného výběru brusiva a pracovních podmínek vylučování povlaku především na velikosti zrástů zrn brusiva v niklové matrici. Vzhled povlaku na bázi nikl-diamant je na obr. 3.4 [16].



Obr. 3.4 Funkční povlak nikl-diamant na oceli, zvětšeno 500x [16]

Fosfátování

Jde o chemickou úpravu povrchu kovů, kdy se z terciálního rozpustného fosforečnanu Zn, Mg, Ca, Fe tvoří nerozpustný terciární fosforečnan. Primární fosforečnan je kyselého charakteru s určitým podílem volné kyseliny fosforečné. Teplota procesu je 30 – 700 °C a při aplikaci metodou ponorem je doba 3 – 10 minut. Při nanášení postříkem je doba 1 - 3 minuty. Lze použít urychlovačů pro zkrácení doby a zvýšení tloušťky povlaku. Větší tloušťka má větší zrno a pórovitost. Kvalita povlaku odpovídá povrchu kovu [7].

Technologický postup fosfátování spočívá v předběžné úpravě (mechanické, odmaštění, moření), vlastní fosfatizaci a oplachu se sušením. Pro fosfátování ponorem se používá vyhřívaných ocelových van. Použití fosfátových vrstev je široké, je tedy důležitý vhodný výběr fosfatizačních přípravků, protože na nich především závisí tloušťka a typ fosfátové vrstvy [6].

Má-li být využito fosfátování jako ochrany před korozi hromadně vyráběných strojních součástí je nutno spojit fosfatizační proces s impregnací. Vázané množství impregnačního prostředku je tím větší, čím je fosfátová vrstva tlustší. Fosfátová vrstva ve spojení s vhodnými mazivy vytváří mezivrstvu, která snižuje tření mezi nástrojem a tvářeným výrobkem, je tedy vhodná jako úprava před tvářením za studena. Dalším využitím fosfátových vrstev je vytvoření podkladové vrstvy pod organické nátěry. Zvýšení korozní odolnosti je způsobeno tím, že fosfátová vrstva brání podrezávání nátěru a zvyšuje jeho přilnavost ke kovovému povrchu [6].

Modifikací metody fosfátování je také železnaté fosfátování. Je to velmi jednoduchá, relativně levná a oblíbená technologie předběžné úpravy povrchu před lakováním. Zejména masově rozšířené povlakování práškovými plasty využívá technologii železnatého fosfátování pro kvalitní předúpravu povrchu železných kovů. Ta zajišťuje dobrou přilnavost lakové vrstvy a zvýšenou korozní odolnost celého systému protikorozní ochrany. Železnatý fosfát se také stále více využívá pro mezioperační pasivaci povrchů železa. Jeho výhodou je ochrana povrchu železa bez použití ropných produktů. To je výhodné pro povrchy, které se přepravují ke konečnému lakování. Použitím kombinace železnatého fosfátování a následné pasivace, utěsnění nebo konzervace se zvyšuje korozní odolnost mezioperační protikorozní ochrany [17].

Lakování (organické nátěry)

Nátěr je definován jako souvislý povlak požadovaných vlastností vzniklý nanesením a zaschnutím jedné nebo několika nátěrových vrstev na upravovaném povrchu. Podle počtu nanesených vrstev se rozeznávají nátěry jedno a vícevrstvé, které se dělí do skupin podle vlastností a účelu, vzhledu a pořadí v nátěrovém systému. Jsou to např. napouštěcí nátěry, základní barvy, tmely, podkladové barvy, vrchní barvy ap. [6].

Nátěrovými hmotami nazýváme všechny výrobky používané k provádění nátěrů. Jsou to organické látky různých druhů, které nanášeny v tekutém nebo těstovitém stavu vytvoří na předmětu souvislý film požadovaných vlastností. Vedle nátěrových hmot se pro zhotovení organických povlaků používají i práškové makromolekulární látky. Jejich využití je však spojeno s náročnější technologií a v souvislosti s tím se používají termíny práškové nátěrové hmoty a práškové plasty. Základními složkami nátěrových hmot jsou pojidla, pigmenty, plnidla a aditiva [6].

Před vlastním nanášením nátěrové hmoty je důležitá úprava chráněného povrchu. Uvádí se, že 70 % poškození nátěrů připadá na nekvalitně provedenou přípravu upravovaného povrchu. Znečištění povrchu mastnotami zpomaluje zasychání nátěrů a brání jejich dokonalému zakotvení na kovovém povrchu. Nátěrové hmoty se nanášejí různými způsoby: štětcem, máčením (ponorem), válečkem, nástřikem stlačeným vzduchem (musí být bez olejů), nebo nástřikem v elektrostatickém poli [6, 7].

4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

4.1 POSTUP A EXPERIMENTÁLNÍ ZAŘÍZENÍ

Pro metalografické hodnocení byla provedena separace vzorků v příčném směru pomocí metalografické pily s intenzivním chlazením Discotom 5 od firmy Struers. U základního materiálu byl řez proveden i v podélném směru. Metalografické výbrusy byly zpracovány standardními technikami – broušením a leštěním diamantovými pastami na přístrojovém vybavení firmy LECO. Poté byly vzorky naleptány Nitem popř. Vilelou a pozorovány na metalografickém mikroskopu Olympus GX-71 a dokumentovány digitální kamerou DP11 při zvětšení objektivu 10x, 20x, 50x a 100x (celkové zvětšení při dokumentaci bylo pak 100x, 200x, 500x a 1000x).

Vzhled povrchu a tloušťka vrstev byla dále pozorována na rastrovacím elektronovém mikroskopu Philips XL-30 ve spojení s EDS detektorem EDAX, který byl využit k plošné a lokální bodové chemické mikroanalýze.

Tvrдость základního materiálu byla měřena metodou dle Brinella na tvrdoměru firmy LECO a vyhodnocena pomocí stereolupy Olympus SZ61 a softwaru QuickPHOTO Industrial [18].

Mikrotvrдость vzorků po chemicko-tepelném zpracování byla měřena metodou dle Vickerse na automatickém mikrotvrdoměru firmy LECO LM 247AT a pomocí automatického softwaru na vyhodnocování vtisků AMH 2000 [19].

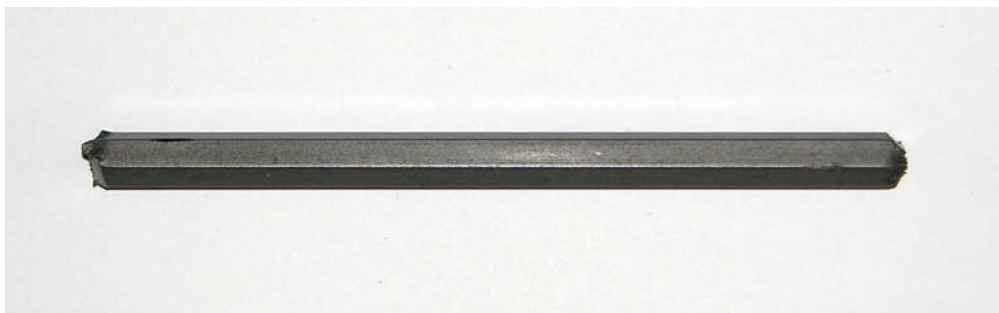
4.2 MATERIÁL NA VÝROBU BITŮ

Základní materiál

Pro výrobu bitů se používá podeutektoidní nástrojová ocel pro práci za studena s obsahem uhlíku 0,57 – 0,65 hm % legovaná chromem (1,00 – 1,30 hm %) a vanadem (0,07 – 0,12 hm %). Materiál je dodáván v polotovaru v rozměrech: 3,5 – 18 mm, šestihran SW 4 – 14, délka tyčí 3 m, viz obr. 4.1.

Mikrostruktura materiálu byla pozorována v podélném a příčném směru na světelném mikroskopu Olympus GX – 71 a dokumentována digitální kamerou DP11 při zvětšení objektivu 20x a 100x (celkové zvětšení při dokumentaci bylo 200x a 1000x). Mikrostruktura je zobrazena v podélném směru na obr. 4.2 a v příčném směru na obr. 4.3. Struktura je tvořena feritem a zrnitým perlitem.

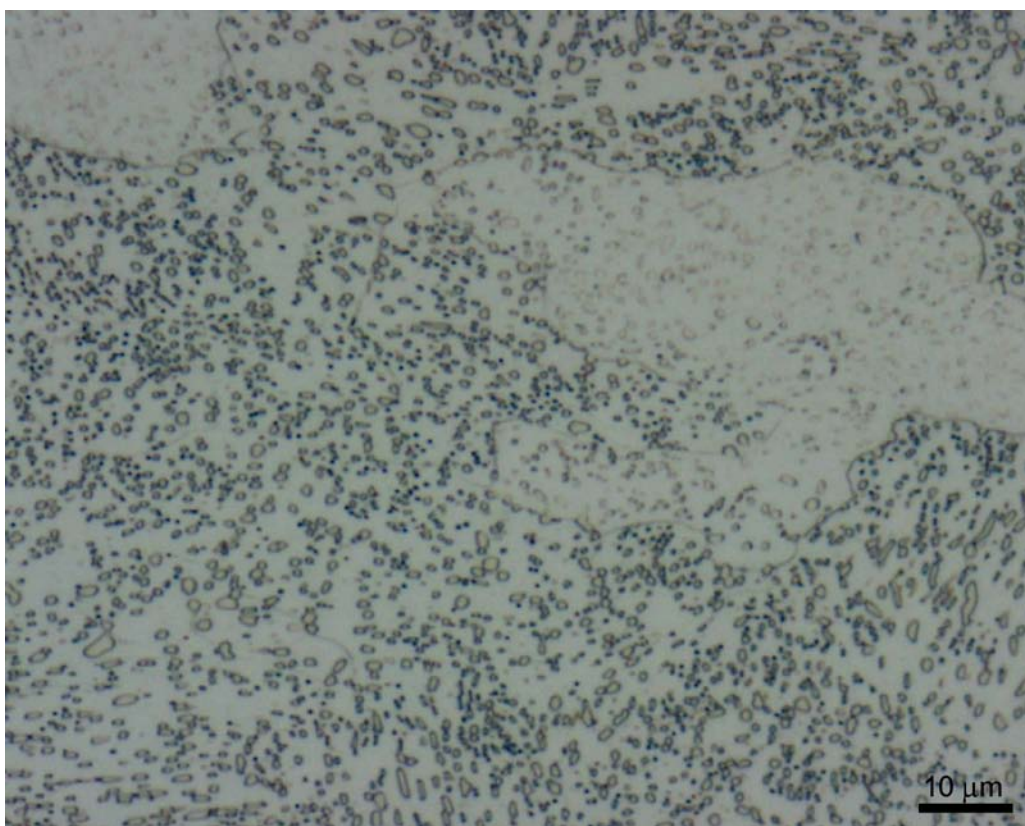
Tvrдость základního materiálu byla naměřena a vyhodnocena metodou dle Brinella při zatížení 1839 N (187,5 kg) v příčném a podélném směru. Tvrдость vzorku v příčném směru byla průměrně 285 HBW 2,5/187,5. V podélném směru byla naměřena průměrná tvrдость o něco nižší, tzn. 278 HBW 2,5/187,5. Naměřená tvrдость základního materiálu byla o něco vyšší než předepsaná tvrдость.



Obr. 4.1 Polotovar

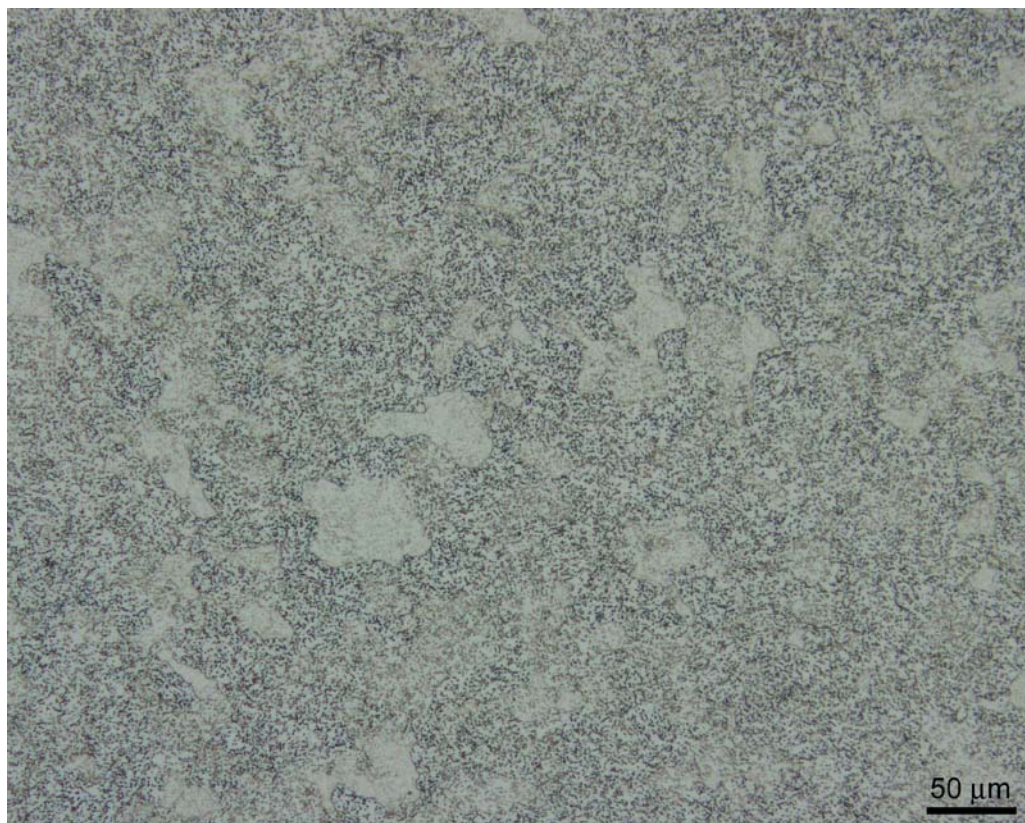


Obr. 4.2a

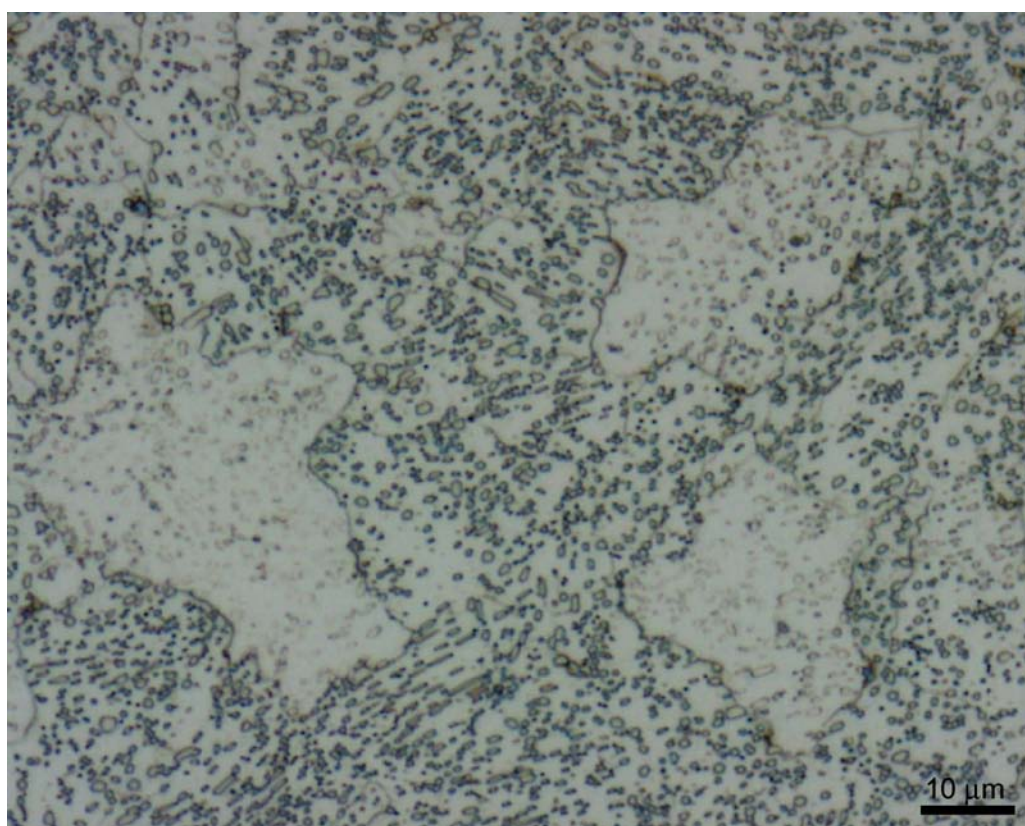


Obr. 4.2b

Obr. 4.2 Mikrostruktura nástrojové oceli v podélném směru, Nital



Obr. 4.3a



Obr. 4.3b

Obr. 4.3 Mikrostruktura nástrojové oceli v příčném směru, Nital

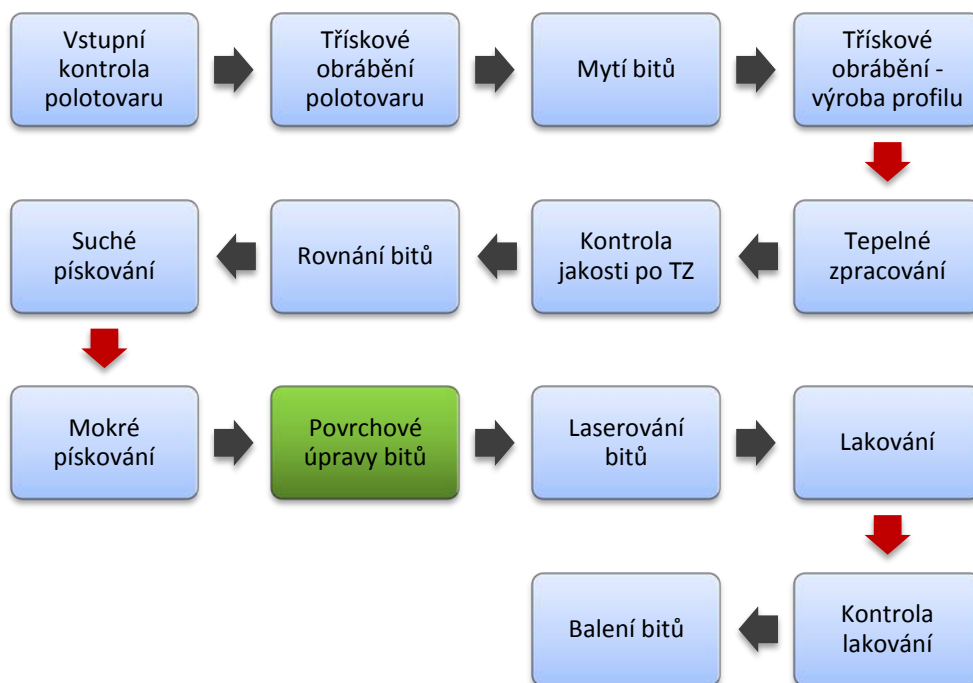
4.3 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY BITŮ

a) Sortiment firmy

Společnost Wera Werk s.r.o., původem z německého města Wuppertal, se zabývá více než 50 let vývojem, výrobou a odbytem ručního utahovacího nářadí. Za účelem rozšíření svých výrobních kapacit došlo v roce 1995 k založení společnosti v Bystřici nad Pernštejnem. V nově postavených prostorách byl ve velmi krátké době vybudován výkonný provoz, který byl v roce 1999 certifikován TÜV ISO 9000 [20].

Firma dnes vyrábí široký sortiment utahovacího nářadí např. šroubováky, úhlové klíče, zástrčné klíče, kompaktní nářadí, bity (nástavce k vrtačkám) a jejich držáky, momentové nářadí, rázové šroubováky a paličky, ráčny a další. V České republice je toto nářadí prodáváno a distribuováno přes obchodní síť firmy AB Efekt s.r.o.

b) Technologie výroby bitu



Obr. 4.4 Schéma technologie výroby bitů

4.4.2 Třískové obrábění polotovaru a výroba profilu

Vstupní kontrola polotovaru

Z každé tavby a každého rozměru se vybere se náhodným výběrem z 6 tyčí 1 vzorek dlouhý 250 – 300 mm. Na odmaštěných vzorcích se provede vstupní kontrola. Dle interního předpisu „Pokyn ke zkouškám č. 71/03-01“ se provádí:

- 1) Kontrola povrchu na výskyt povrchových vad lupou nebo stereolupou OLYMPUS SZ-CTV s kamerou BOSH.
- 2) Kontrola prasklin na všech vzorcích délky 250 – 300 mm ve stavu po dodání na zařízení UH 500 FLUXANLAGE. Pokud se na povrchu vyskytne ostrá indikace, provádí se metalografický výbrus a určí se hloubka vady, která nesmí být větší než 1 % jmenovitého rozměru.

- 3) Pěchovací zkouška ze všech 6 ks vzorků v poměru 1:3. Tato zkouška se kontroluje lupou nebo stereolupou OLYMPUS SZ-CTV s kamerou BOSH. Na bočním povrchu vzorků se nesmí vyskytovat vznikající a rozevřené trhliny a přeložky v souladu s ČSN 42 0426. Zkouška se provádí pouze při podezření na vnitřní a vnější vady.
- 4) Zkouška lámavosti podle ČSN ISO 7438 nebo DIN 50 111. Na vnější straně ohybu se nesmí vyskytnout podélné ani příčné praskliny nebo odlupující se šupiny.

Třískové obrábění polotovaru

Soustružení se provádí na stroji STAR ECAS 20 nebo na strojích HANWHA XD 20, oba se zásobníkem FMB na tyče délky 3 m o průměrech od 3,5 mm do 20 mm. Jedná se o dlouho-točné soustružnické automaty s CNC řízením.

Lze na nich obrábět polotovary od \varnothing 4,5 mm do \varnothing 20 mm. Standardně se obrábí kusy od délky 25 mm do 200 mm při 5000 ot/min a řezných rychlostech 0 – 250 m/min na stroji STAR ECAS 20. Na soustruhu HANWHA lze obrábět kusy až do 250 mm při otáčkách až 8000 ot/min (dle řezných podmínek) a řezných rychlostech 0 – 250 m/min (dle interního předpisu Pokyn k práci AA 28/05-01, AA 28/05-02).

Celý proces je chlazený olejem Sumurol CM 22 nebo FEROKAT CSO 22. Pro centrální mazání těchto soustruhů se používá olej CASTROL MAGNAGLIDE D 68. Do zásobníků se používá hustý olej PARAMO CLP 150, který při vysokých otáčkách vystředí vůli v zásobníku, aby se tyč materiálu nevychylovala. Celý proces je řízen CNC programem i s korekcemi. Obrobený polotovar je zobrazen na obr. 4.5.



Obr. 4.5 Vzhled obrobeného polotovaru

Mytí bitů

Druhou operací je mytí mastného (nakonzervovaného) materiálu (popř. obrobků po soustružení) na zařízeních Rösler FKS 06.1 A2. Dělí se na dva druhy.

Mytí pomocí omílacích kamenů RS 06/10 S Rösler slouží pro strhnutí hran po soustružení nebo kování. A dále mytí pomocí mycích tělísek RP 03/05 ZS Rösler. Do omílacího bubnu se přivádí voda s roztokem Entfetter SG-7524 N od firmy SG-Galvanobedar, který rozpouští mastnotu a zároveň částečně konzervuje. Doporučená koncentrace roztoku je 5 %, kontrola koncentrace se měří v laboratoři. Po umytí pokračuje zakázka do vibračního bubnu se sušícím produktem z kukuřičné celulózy SUPER VELAT SV – 16 od firmy Rösler.

Artikly se závitem se myjí v ultrazvukové lázni, jinak by došlo k poškození závitu omíláním kusů o sebe, a suší se o pět v produktu z kukuřičné celulózy SUPER VELAT SV – 16 (dle interního předpisu Pokyn k práci AA 22/02-01).

Třískové obrábění – výroba profilu

Používají se stroje RM 80 CNC od firmy Wera Maschinenbau. Specifické pro tyto CNC profilátory je, že se zároveň otáčí fréza i vřeteno. Obrábí se ve dvou osách bez chlazení (na sucho). Pouze u nerezové oceli se pro snadnější obrábění používá mikromazání. Soustruží se průměry, hlavně pak tvary profilů z materiálu šestihranného (SW 1,5 – 14 mm), kruhového (\varnothing 2,5 – 16), také lze vrtat do materiálu. Profilátory jsou vybavené řízením CNC 805 SM od firmy Siemens a zásobníky ROBO-POT s optickými senzory. Přísun polotovarů se provádí vzduchem ze zadu skrz vřeteno do kleštiny. Proces obrábění je ovládán elektromagnety a řízen elektronicky. Všechny stroje mají programovatelnou převodovku, jejíž nastavení je dáno typem profilu.

Jako nástroje jsou používány stopkové frézy s vyměnitelnými řeznými destičkami. Dělí se podle typu obrábění. Frézy pro vodorovné obrábění se dále dělí dle velikosti a na speciální frézy. Frézy pro svislé obrábění se pak dělí podle typu profilu, který chceme obrábět. Fréza je výškově nastavitelná. Pro upnutí obrobku se používají kleštiny buď široko-rozpínací. Lze je použít pouze pro nabíjení materiálu zezadu. Nebo kleštiny klasické, které jsou univerzální, tzn., dají se použít pro nabíjení materiálu zezadu i zepředu.

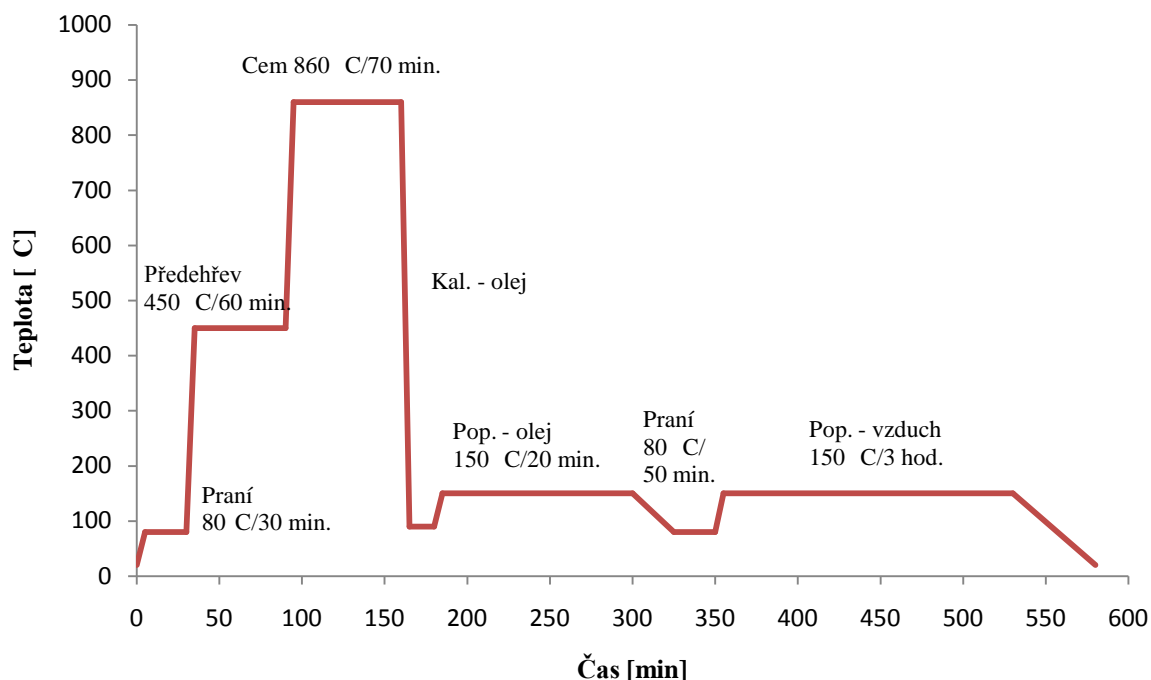
Otáčky vřetena s obrobkem a s frézou jsou v různém poměru. Poměr otáček je dán typem obráběného profilu. Otáčky frézy se pohybují max. do 6000 ot/min a vřeteno do 3000 ot/min. Řezná rychlost se pohybuje do 60 m/min. Typ a rychlost obrábění se volí dle materiálu. Úprava korekcí destiček se dělá podle jejich opotřebení. Lze provádět obrábění svislé nebo vodorovné. Většina profilů se vyrábí svislým obráběním (dle interního předpisu Pokyn k práci AA 28/04-05). Příklad profilu je uveden na obr. 4.6.



Obr. 4.6 Vzhled obrobeného polotovaru s profilem

4.4.2 Chemicko-tepelné zpracování

Většina vyráběných bitů je tepelně zpracovávána technologií chemicko-tepelného zpracování, kde jsou do pecního prostoru vháněny plyny speciální tryskou, které společně za určitých podmínek vytvářejí ochrannou endo-atmosféru (20 % CO, 40 % H₂ - štěpením metanolu, 40 % N₂). Ochranná atmosféra se skládá z metanolu, dusíku, zemního plynu a vzduchu. Methanol a dusík jsou v poměru 3:3 (litrů). Zemní plyn (obvykle 2,5 l) je přiváděn z důvodu obohacení atmosféry a vzduch z důvodu regulace uhlíkového potenciálu Cp. Při austenizační teplotě dochází k reakcím plynu společně s povrchem kovu. Atmosféra je řízena pomocí kyslíkové sondy společně s regulátorem. Pomocí této regulace lze nastavit různé hodnoty Cp – uhlíkového potenciálu. Podle nastavení hodnoty Cp lze povrch kovu cementovat, oduhličovat nebo nastavit neutrální atmosféru, kde neprobíhá žádná reakce mezi plynem a povrchem kovu. Řízená atmosféra zajišťuje potřebnou ochranu povrchu kovu během tepelného zpracování. Postup technologie tepelného zpracování se provádí v těchto krocích, obr. 4.7 (dle interního předpisu Pokyn k práci č. 30/03-01).



Obr. 4.7 Schéma chemicko-tepelného zpracování

1) Neutrální praní

První operací je praní v pračce IPSEN WPSD 4 s příkonem 12,8 kVA, která je vytápěná zemním plynem. Maximální pracovní teplota je 80 °C. Při praní dojde k odstranění špon, oleje a jiných nečistot. Princip praní spočívá ve třech bodech. Jako první je máchání po dobu 10 minut, dále sprchování 7 – 10 minut a nakonec sušení ventilátorem dalších 10 minut. Používá se odmašťovadlo JEMAKO NEUTRÁLNÍ 1,5 – 3% roztok na bázi organických aminů. Pro ředění odmašťovadla se používá voda.

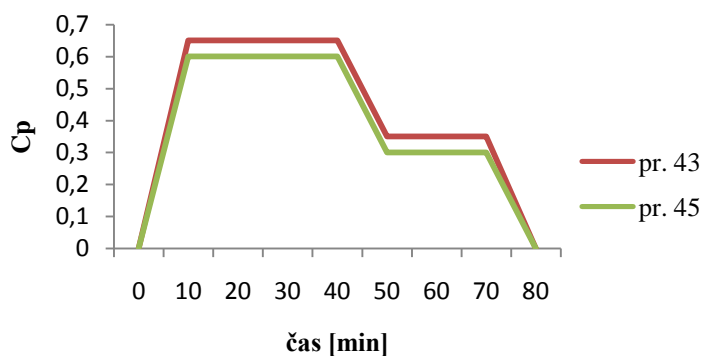
2) Předehřev vsázky

Pro předehřev slouží Předehřívací pec NOLZEN LKdg 61 s příkonem 8 kW. Pec obsahuje ventilátor pro cirkulaci vzduchu, 2 hořáky s dmýchadlem, pneumatické zařízení včetně elektromagnetických ventilů a válců, 2 dvojité termočlánky NiCr-Ni typ K s ocelovou trubicí, topné spirály 60 kW, regulátor teploty v předehřívací peci a ovládací skříň. Pro vytápění se používá zemní plyn. Předehřev vsázky se provádí na 450 °C po dobu alespoň 1 hodiny pomocí topných spirál, které zahřívají vsázku zespodu. Ventilátory zajišťují rovnoměrný ohřev.

3) Kalení

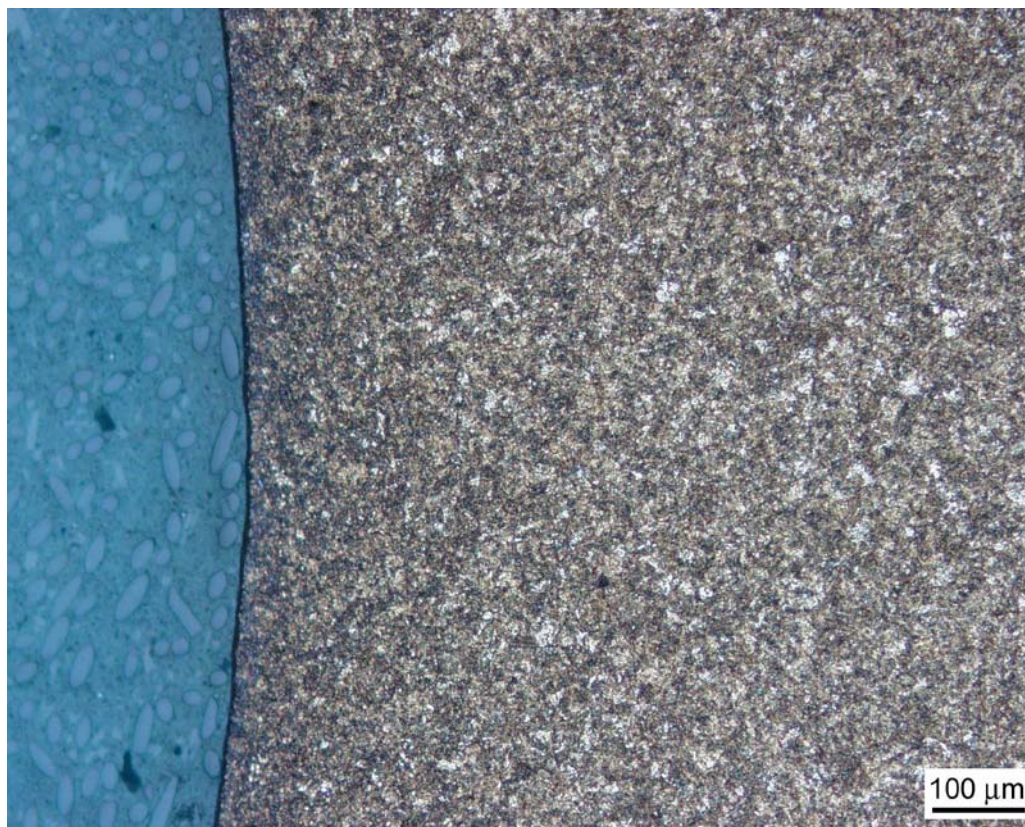
Ke kalení se používá Víceúčelová komorová pec IPSEN TQ-4(5)-GRM s olejovou kalicí lázní, pec je vytápěná plynem. Celkový elektrický příkon pece je 34 kVA. Rozsah pracovních teplot je 750 – 1000 °C, ohřev šesti sálavými trubkami je nepřímý. Trubky jsou ze žáruvzdorné litiny Ø 5“. Jako topný, zapalovací a obohacovací plyn se používá zemní plyn. Pec obsahuje spalovací komoru s rekuperátorem, dmýchadlo vzduchu pro spalování s příkonem 1,5 kW, ventilátor pro cirkulaci ochranného plynu s příkonem 3,7 kW, digitální univerzální PID regulátor a termočlánky NiCr-Ni typ K pro regulaci teploty. Pec je ovládaná programovatelnou pamětí. Rozsah regulace teploty oleje je 20 až 150 °C. Symetricky umístěná cirkulační čerpadla zajišťují intenzivní cirkulaci kalicího oleje.

Teplota austenitizace závisí na volbě programu, obr. 4.8, dle interního předpisu „Pokyn k práci č. 30/03-01 Příloha 3“. Nejčastěji se kalí při teplotě 850 – 870 °C. Sleduje se uhlíkový potenciál C_p , který se také liší podle typu programu, povolená odchylka je $\pm 0,05$. Doba cementace se pohybuje od 60 do 70 minut. Po nauhličení se vsázka přesune do komory s chladicím olejem ISODUR 450 od firmy Merctech o teplotě 90 °C na dobu 15 – 20 minut. Vytažení vsázky z prostoru olejové komory kalící pece se provádí v co nejkratším čase max. do 15 s. Pro měření uhlíkového potenciálu a hloubku nauhličení se dělá fóliová zkouška dle interního předpisu „Pokyn k práci č. 30/03-01.“

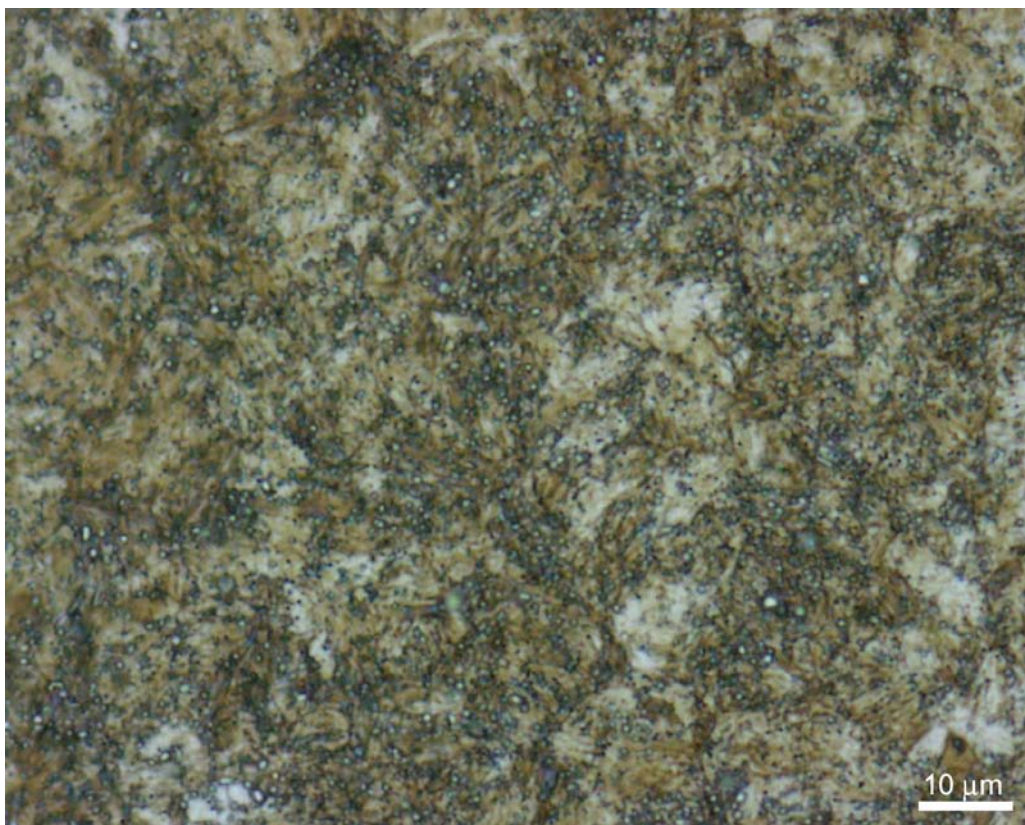


Obr. 4.8. Programy kalení zachycující změny při nauhličování

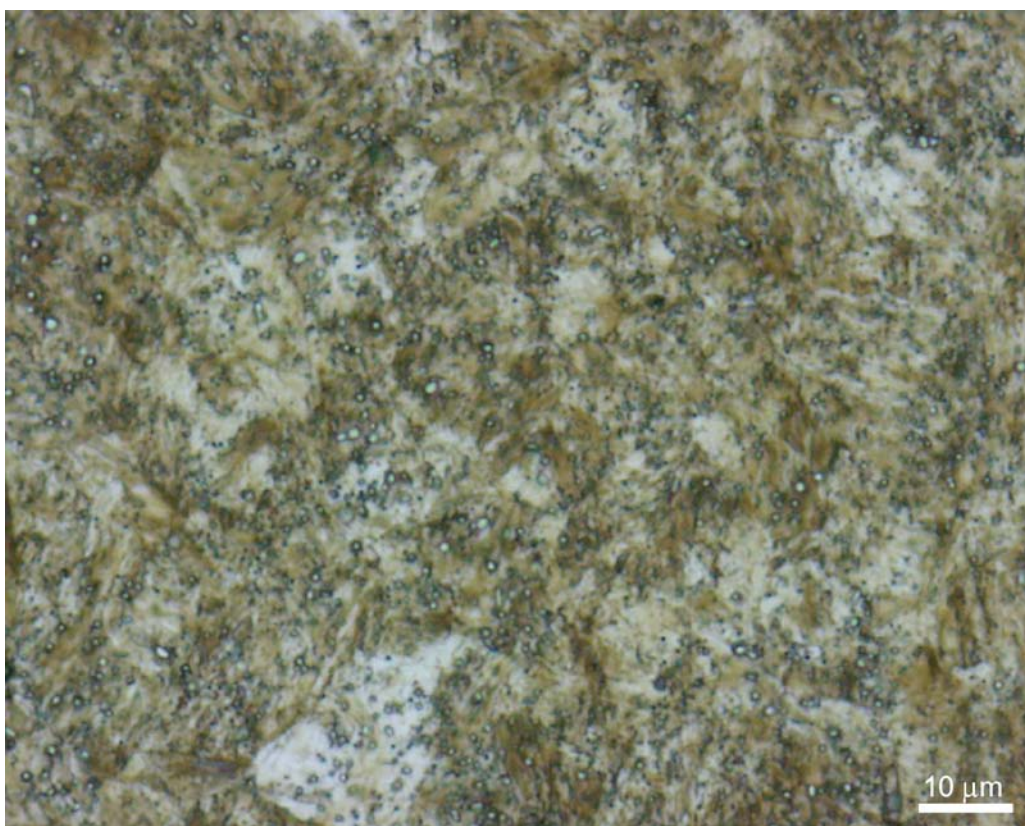
Struktura materiálu po cementaci a následném zakalení do oleje je tvořena martenzitem, zbytkovým austenitem a komplexními karbidy M_3C (Cr, Fe_3C), $M_{23}C_6$ ($Cr_{23}C_6$), popř. M_7C_3 (Cr_7C_3) a zřejmě i velmi tvrdými karbidy vanadu M_4C_3 (V_4C_3), popř. MC (VC). Ve struktuře jsou patrné i hranice původního austenitického zrna. Mikrostruktura je zobrazena na obr. 4.9 až 4.11.



Obr. 4.9 Mikrostruktura vzorku po cementaci a zakalení do oleje, leptáno



Obr. 4.10 Mikrostruktura po cementaci a zakalení do oleje – povrch, leptáno



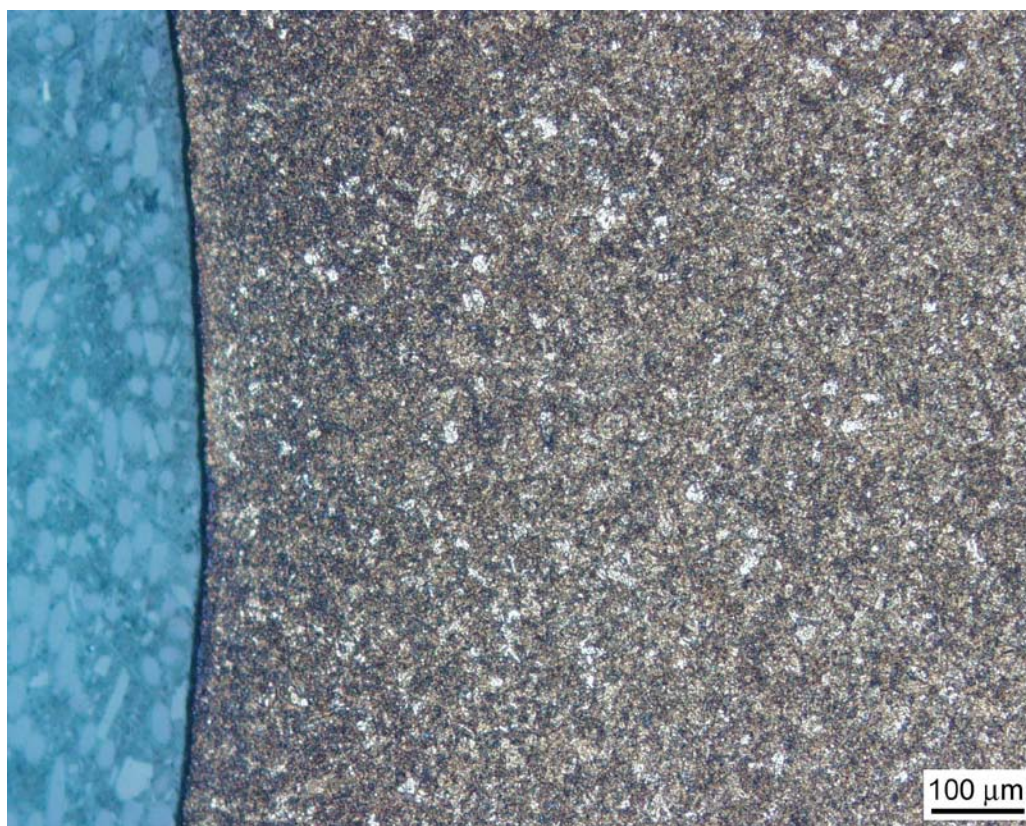
Obr. 4.11 Mikrostruktura po cementaci a zakalení do oleje – střed, leptáno

4) Popouštění v oleji

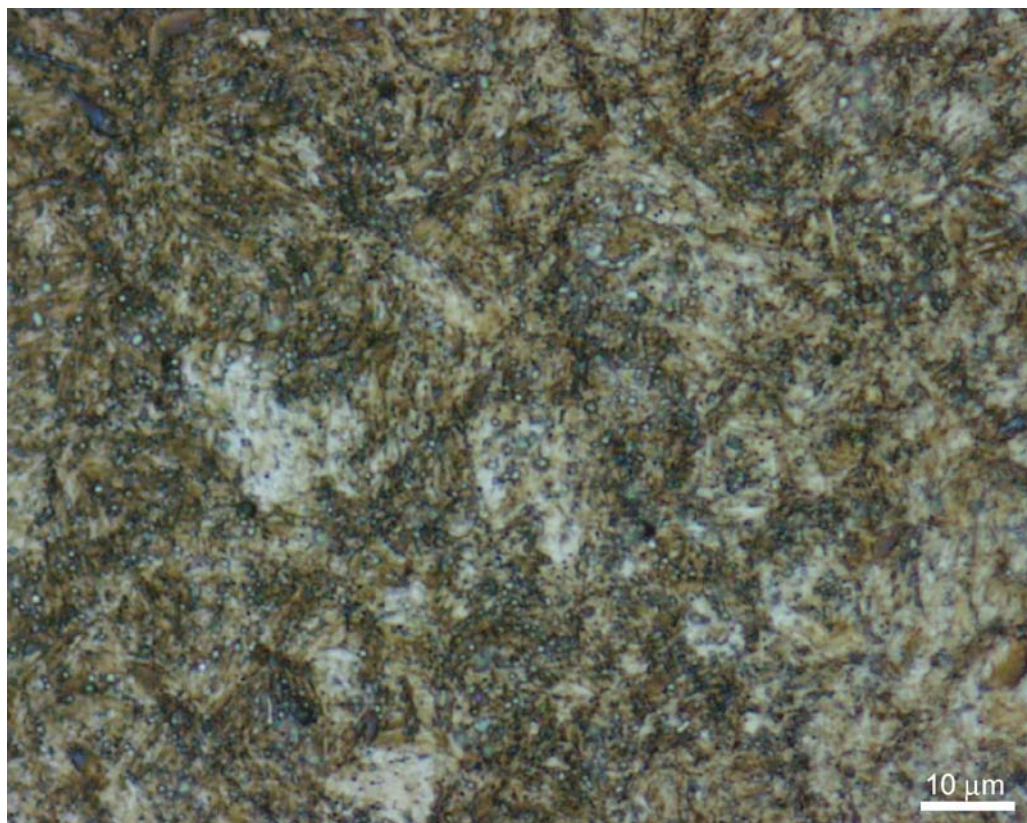
Po zakalení se musí zakázka co nejrychleji (do 120 min.) přemístit a popustit. Olejové popouštění se provádí za účelem snížení vnitřního pnutí. Zařízení pro tento typ popouštění je Olejová popouštěcí lázeň NOLZEN ŮDA 220 s příkonem 56 kW. Popouštěcí pec s olejovou lázní obsahuje 3 dvoufázová topení se třemi topnými tělesy, regulace teploty je prováděna pomocí termočlánků NiCr-Ni typ K. Vše je řízeno programovatelným ovládáním.

Popouštění se provádí v oleji MARGUENCH 875 W od firmy Mercotech o teplotě 150 °C na 2 hodiny. Topné spirály jsou rozmístěny na různých místech pro zajištění rovnoměrného ohřevu oleje. Doba popouštění je řízena digitálními spínacími hodinami zabudovanými v ovládací skříni.

Struktura materiálu po popouštění v oleji je také tvořena popuštěným martenzitem, jistým podílem zbytkového austenitu a komplexními karbidy chromu a lze předpokládat i výskyt karbidů vanadu. Ve struktuře jsou stále patrné hranice původního austenitického zrna, viz obr. 4.12 až 4.14.



Obr. 4.12 Mikrostruktura vzorku po popouštění v oleji, leptáno



Obr. 4.13 Mikrostruktura po popouštění v oleji – povrch, leptáno



Obr. 4.14 Mikrostruktura po popouštění v oleji – střed, leptáno

5) Alkalické praní

Opět se používá Pračka IPSEN WPSD 4 a princip je stejný jako u neutrálního praní. Teplota praní je 80 °C a doba 25 minut. Jako odmašťovadlo se používá JEMAKO ALKALICKÉ 1,5 - 3% vodný roztok na bázi organických aminů, fosforečnanu, hydroxidu a chloridu. Kontrola koncentrace lázně se provádí dle interní normy.

6) Neutrální praní

Využívá se pračka IPSEN WPSD 4 a princip je opět stejný jako u předchozího neutrálního praní. Zde se opláchne alkalické odmašťovadlo. Teplota praní je také 80 °C. Chemické složení odmašťovadla je stejné jako u předchozího neutrálního praní. Používá se též JEMAKO NEUTRÁLNÍ a ředí se také vodou.

7) Popouštění na vzduchu

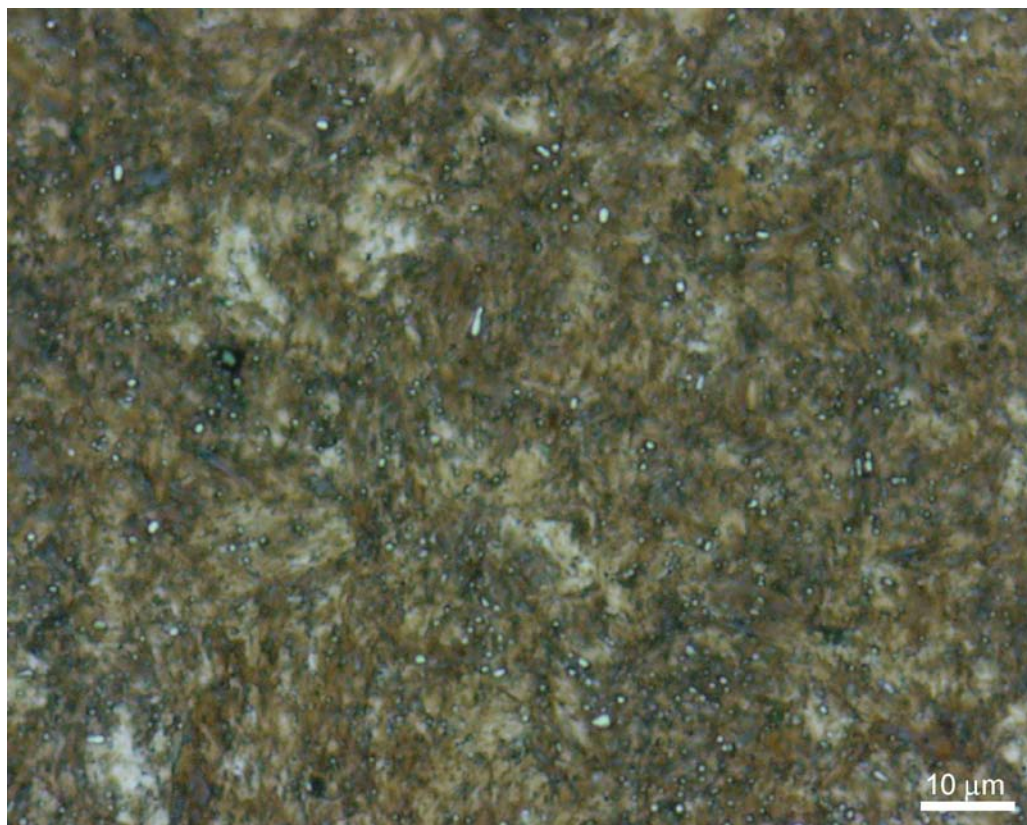
Popouštění se provádí k zajištění požadované tvrdosti a mechanických vlastností. Používá se k tomu popouštěcí pec DAC-4 s příkonem 6,0 kVA. Jedná se o jednokomorovou průchozí pec IPSEN konstrukční řady DAC, která slouží k popouštění nebo také k předehtřívání ve spojení s pecemi IPSEN, pro nauhličování v plynu a pro lesklé kalení. Pec je konstruovaná pro provozní teploty od 150 do 750 °C. Je vhodná pro provoz s ochranným plynem, s urychleným chlazením, vytápěná zemním plynem (též jako zapalovací plyn). Typ ohřevu je nepřímý 4 sálavými topnými trubkami, spalovací komora je opět s rekuperátorem. Regulace teploty se provádí PD regulátorem a termočlánky NiCr-Ni.

Popouštění se provádí na základě požadavků na tvrdost (57 HRC nebo 61 HRC) dle technologického postupu v rozmezí teplot 150 – 350 °C. Každý artikl má rozmezí popouštěcích teplot, které se musí také přizpůsobit mechanickým vlastnostem. Čím vyšší teplota popouštění, tím nižší tvrdost. Doba popouštění je obvykle 3 hodiny.

Struktura materiálu po popouštění na vzduchu je tvořena stejně jako v předchozích případech popuštěným martenzitem, zbytkovým austenitem a komplexními karbidy chromu a popř. i karbidy vanadu. Hranice původního austenitického zrna jsou stále patrná. Mikrostruktura po popouštění na vzduchu je zobrazena na obr. 4.15 až 4.17.



Obr. 4.15 Mikrostruktura vzorku po popouštění na vzduchu, leptáno

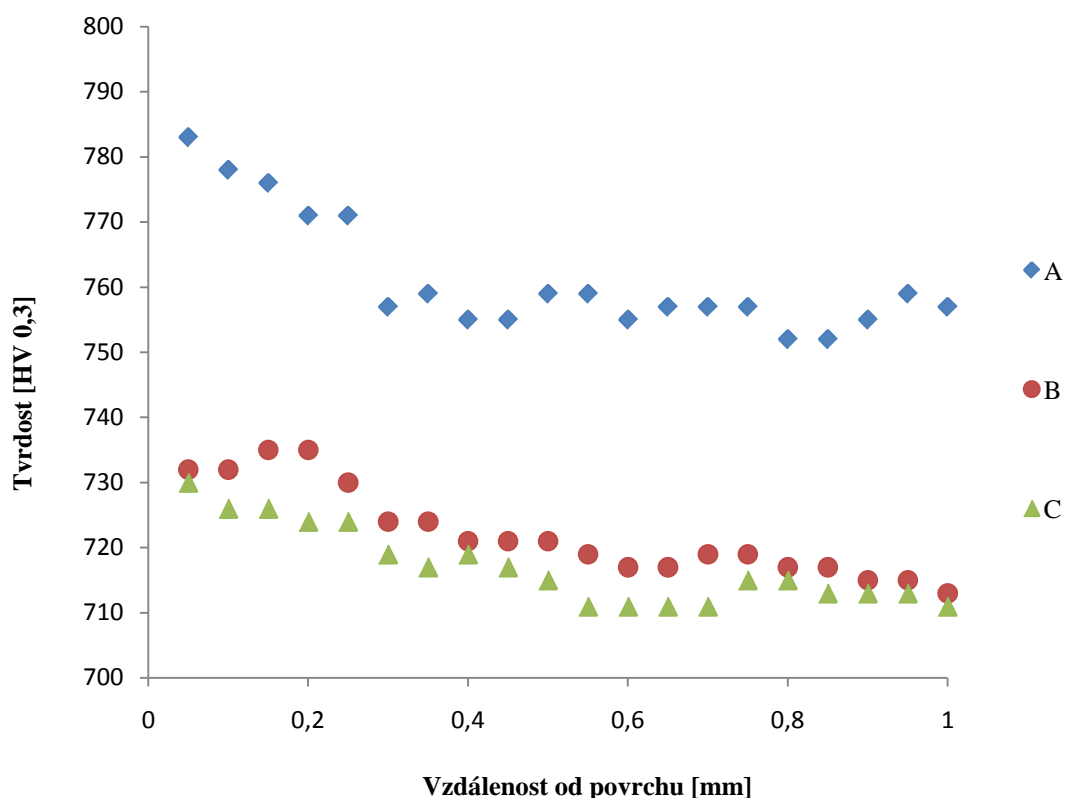


Obr. 4.16 Mikrostruktura po popouštění na vzduchu – povrch, leptáno



Obr. 4.17 Mikrostruktura po popouštění na vzduchu – střed, leptáno

Na vzorcích byl naměřen průběh mikrotvrdosti od povrchu směrem do jádra metodou dle Vickerse HV 0,3, tzn. zkouškou tvrdosti při nízkém zatížení. Tvrdost byla měřena do hloubky 1 mm pro zjištění výskytu nacementované vrstvy. Grafické vyjádření tvrdostí jednotlivých vzorků v závislosti na vzdálenosti od povrchu jsou uvedeny na obr. 4.18. Z průběhu tvrdosti je patrné, že vzorek je nacementován do hloubky 0,2 mm. Opakovaným popouštěním je pak zaznamenán plynulejší průběh tvrdosti do jádra s celkovým snížením tvrdosti.



A – vzorek cementován a kalen do oleje

B – vzorek cementován a kalen do oleje s následným popouštěním v oleji

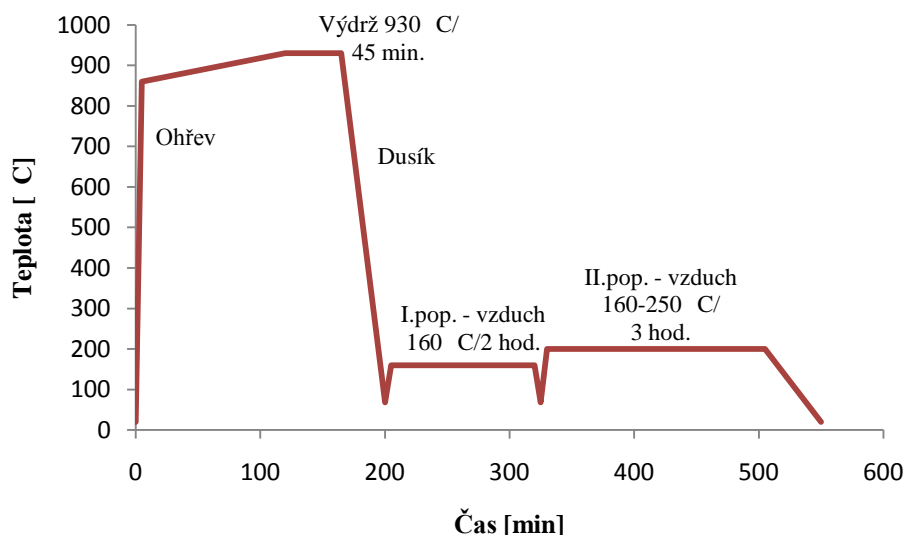
C – vzorek cementován a kalen do oleje s následným popouštěním v oleji a poté na vzduchu

Obr. 4.18 Průběh mikrotvrdosti chemicko-tepelně zpracovaných vzorků

4.4.2 Tepelné zpracování

Vakuové kalení

Vzhledem k širokému sortimentu firmy Wera Werk je část produkce tepelně zpracována vakuovým kalením. Takto se kalí především ty bity, na kterých se později provádí další povrchové úpravy, nebo na bitech z nerezové oceli. Kalení se provádí v kalící peci IPSEN VCC 424-R postupem, který je uveden na obr. 4.19.



Obr. 4.19 Postup tepelného zpracování vakuovým kalením

1) Kalení

Na začátku cyklu po zavezení vsázky zbavené mastnoty a dalších nečistot do pece dojde k vyčerpání atmosféry pomocí dvou vývěv, vzniklé vakuum se pohybuje v rozmezí 10^{-2} a 10^{-1} mbar. Poté začne ohřev vsázky až na teplotu 930 °C. Teplota se v průběhu ohřevu kontroluje pomocí dvou termočlánků umístěných v šarži a v pecní komoře. Po uplynutí 45 minutové výdrže na teplotě 930 °C dojde k ochlazení proudem dusíku shora dolů tlakem 3,5 bar na teplotu cca 68 °C/ 30 min. (dle interního předpisu Pokyn k práci č. 30/04-01).

2) Popouštění ve vakuové peci

Po kalení je nutné zakázku ihned popustit ve vakuové peci IPSEN VDFC 414 II, nejméně na 160 °C/2 hod a následně znovu popustit při 160 - 250 °C/3 hod. Ochlazení probíhá přímo v peci.

4.4.2 Kontrola jakosti po chemicko-tepelném a tepelném zpracování

Kontrola jakosti

Pro zkoušení se provádí odběr vzorků z různých pozic v koši, na kterých se měří tvrdost (na povrchu a v jádře) a také krouticí moment. Tvrdost se měří metodou dle Rockwella na tvrdoměru RB-1E Rockwell a Vickerse na tvrdoměru MIKROVICKERS+PF a mikrotvrdost dle Vickerse na mikrotvrdoměru Schimadzu HMV-2.

U každé zakázky je nutné provést náhodnou kontrolu tvrdosti, která se provádí na obroušeném a neobroušeném povrchu. Rozdíl tvrdosti HRC mezi obroušenou a neobroušenou plochou nesmí být větší než 2 HRC. Pokud je vyšší, provádí se další zkoušky. Zhotoví se výbrus, kde se provede kontrola struktury na oduhličení, a mikrotvrdost HV 0,3, která se zkouší na funkčním profilu výrobku. Tvrdost jádra rozměrů $\leq 2,5$ mm se měří zásadně metodou Vickers HV 0,3. U rozměrů $> 2,5$ mm se měří tvrdost metodou dle Rockwella (dle interního předpisu Pokyn ke zkouškám PA-71/02-01).

Po měření tvrdosti se provede zkoušení krouticího momentu na přístroji Low Cost. Pro zkoušku se použijí bity, u kterých se prováděla kontrola prasklin. Vzorky musí být bez prasklin. Všechny lomy by měly být houževnaté, nesmí být křehké a tříštivé. Minimální hodnota krouticího momentu pro daný druh výrobku je stanovena podnikovou normou, normou dle DIN, výkresem výrobku nebo jiným předpisem dohodnutým mezi firmou a zákazníkem. Výrobek musí být upnut bez středového přesazení, aby při zkoušce nevznikla přídatná ohybová napětí. Po ukroucení je důležitý vzhled a průběh lomu (dle interního předpisu Pokyn ke zkouškám PA-71/04-01).

Rovnění bitu

Rovnění se provádí na strojích PROFILATOR RM 60 pro strojní rovnání a jednovřetenový soustruh HESTIKA pro ruční rovnání bitů. Standardně se používá kleština pro šestihran $\frac{1}{4}$ " (\varnothing cca 6 mm) nebo pro bity \varnothing 4 mm. Zařízení obsahuje induktor s generátorem, na jehož konci je smyčka s vysokofrekvenčními proudy pro ohřev. Smyčka je chlazená vodou. Princip rovnání spočívá v indukčním ohřevu krčku bitu, který je dopraven do kleštiny (ručně nebo strojně), kleština se otáčí, a s pomocí „rolniček“ se bit srovná. Doba nahřívání je dána podle průměru bitu. Bity se rovnají dle normy na házivost č. WN – 7168 – 00/00 – 001. Rovnají se bity od délky 70 mm do 250 mm. Bity délky menší než 25 mm se nerovnají. Stroj PROFILATOR obsahuje navíc podavač do kleštiny se zásobníkem s optickými snímači. Vše je řízeno CNC programem (dle interního předpisu Pokyn k práci AA 32/03-01, AA 32/04-01).

4.4 TECHNOLOGIE POVRCHOVÝCH ÚPRAV BITŮ

4.4.1 Úprava povrchu pro povrchové úpravy

Suché pískování

Suché pískování se provádí na automatu Rösler, poloautomatu USF WHEELABRATOR BERGER 77, tryskači GOLDMAN ST 205 s odsáváním ST20S nebo na ručním stroji AUER 019. Volba stroje závisí na velikosti profilu. Pro tryskač AUER 019 se používá písek z korundu, F – 80 (hrubší) a F – 60 (jemnější) v poměru 1:2 (F-60:F-80). Pro ostatní stroje se používá drť z litiny, GL – 80 (hrubší) a GH – 80 (jemnější) v poměru 4:1 (GL-80:GH-80).

Pomocí turbíny (u ručního pomocí trysek) a vzduchu je vháněna ze zásobníku nad strojem litinová drť na kusy. Počet otáček turbíny jsou 3000 ot/min u poloautomatu 6000 ot/min. U ručního pískování se dá volit i počet otáček. U poloautomatů a automatu počet otáček závisí na době, po kterou jsou kusy pískovány (dle interního předpisu Pokyn k práci AA 22/04-01, AA 22/05-01).

Mokrý pískování

Technologie mokrého pískování zahrnuje 2 operace. Pískování a následné praní se sušením.

Operace pískování se provádí v Tryskači GRAF při pokojové teplotě. Pro pískování se používá jemná drť GLASPERLEN 300 – 400 od firmy Wheelabrator. Oplachová voda pro pískování je 2,3 – 2,5% roztok JEMAKA 7001 l. Před pískováním je potřeba změřit koncentraci oplachových vod podle postupu, uvedeném v interním předpisu „Pokyn k práci AA 22/06-01.“ Pískují se bity do délky 89 mm. Písek a oplachová voda jsou pomocí trysek stříkány na bity v bubnu, který se otáčí frekvencí 50 Hz. Bity se z bubnu pískovačky do sušičky musí přemístit co nejdříve (do 8 minut), jinak by se na nich začala postupně objevovat koroze. Další podmínky pro pískování jsou uvedeny v interní normě „Pokyn k práci AA 22/06-01.“

Pro sušení bitů po mokrém pískování se používá Odstředivka STEIMEL ZAU 5 HS. Oplachová voda pro sušení je 3,0 – 3,2% roztok JEMAKA 7001 l. Proces sušení trvá cca 5 minut. 2 minuty probíhá oplach při 15 ot/min roztokem JEMAKA 7001 l pomocí čerpadla (teplota oplachové vody je 55 °C). Vhání se teplý vzduch o teplotě 120 °C a současně probíhá odstředění při 384 ot/min.

Po těchto dvou operacích se znovu kontroluje koncentrace oplachových vod, postup měření je uveden v interním předpisu „Pokyn k práci AA 22/06-01.“

4.4.2 Povrchové úpravy bitů

Povrchová úprava na bázi zinečnatého fosfátu

Tato povrchová úprava se provádí po suchém pískování. Odmaštěné bity v lázni obsahující směs louhů a smáčidla o teplotě 50 – 55 °C se moří v lázni na bázi kyseliny sírové H_2SO_4 a kyseliny fosforečné H_3PO_4 s přídavkem smáčidla. Následuje ponoření bitů do lázně na bázi zinek-fosfát o teplotě cca 80 °C a výdrži 10 minut. Po fosfátování se provede třístupňový oplach ve vodě a bity se konzervují v 5 – 10% olejové emulzi XPD po dobu 1 minuty a teplotě cca 30 °C. Po vysušení v odstředivce se zkontroluje vzhled fosfátované vrstvy a konzervuje se v oleji. Poté se provede identifikace výrobků laserem a bez lakování zakázka pokračuje na operaci balení bitů. Výsledný vzhled povrchu bitu je zobrazen na obr. 4.20.



Obr. 4.20 Vzhled povrchu bitu s povrchovou úpravou zinečnatý fosfát

Analýza koncentrace lázní a měření jejich pH se provádí v pravidelných intervalech dle interní normy Pokyn k práci AA 22/03-04.

Hodnocení povrchové úpravy na bázi zinečnatého fosfátu

Metalografické hodnocení Zn-P vrstvy bylo zaměřeno na posouzení přilnutí vrstvy, její tloušťky a komplexní hodnocení vrstvy. Na obr. 4.21 je zobrazena mikrostruktura základního materiálu s vrstvou zinečnatého fosfátu.

Pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu byla naměřena tloušťka vrstvy v příčném řezu cca 1,21 – 3,28 μm . Z toho je patrné, že vrstva je nerovnoměrná a mírně se od povrchu odlupuje. V příčném řezu se vrstva jeví jako nekompaktní. Vzhled vrstvy a její tloušťka je dokumentována na obr. 4.22 a 4.23.

Lokální chemická analýza v příčném řezu a na povrchu vzorku byla provedena pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu, vybaveném energiově disperzní chemickou analýzou, a byla zaměřena na zjištění chemického složení vrstvy zinečnatého fosfátu. Chemické složení v hmotnostních % je uvedeno v tab. 4.1.

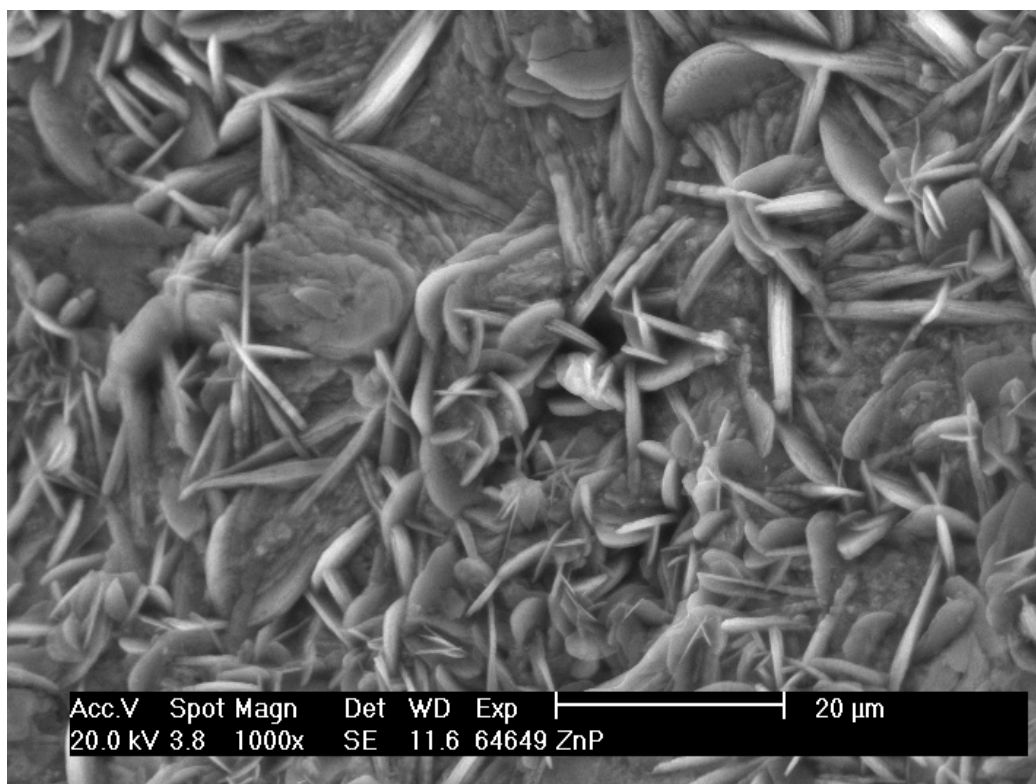
Na povrchu vzorku byly pozorovány útvary růžic, které vytvořil zinečnatý fosfát, obr. 4.23. Z analýzy místa 2 na povrchu je patrné, že vrstva je v některých místech velice slabá, protože lze pozorovat základní materiál.



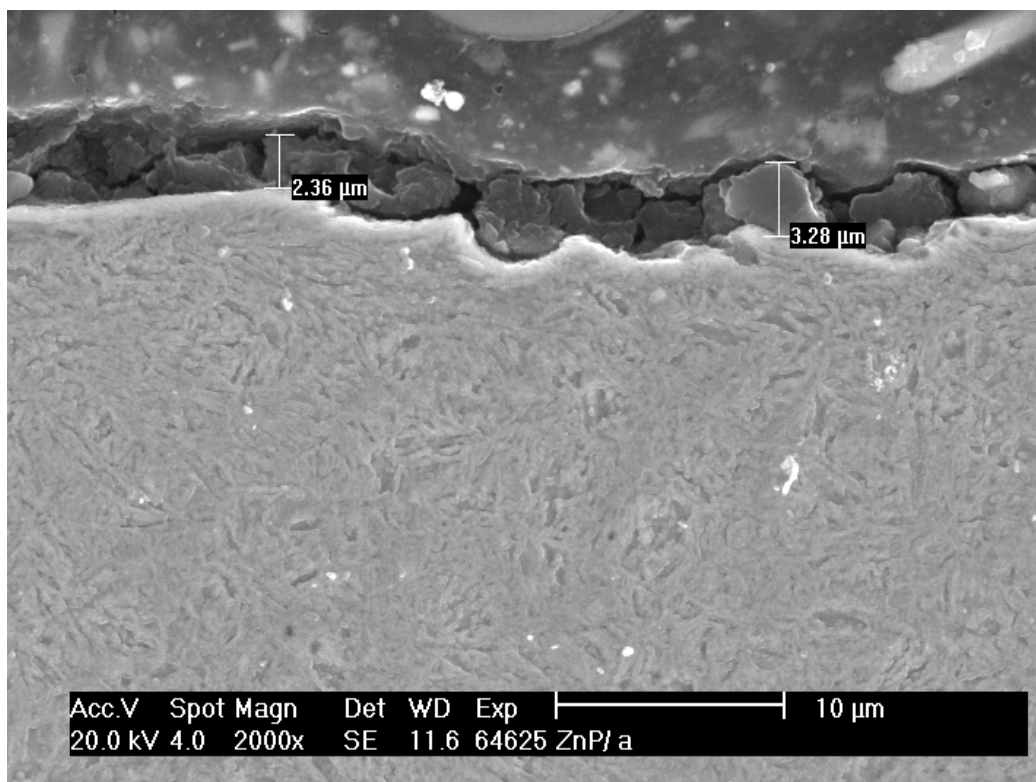
Obr. 4.21 Mikrostruktura základního materiálu s vrstvou zinečnatého fosfátu, Nital

Tab. 4.1 Chemické složení vrstvy zinečnatého fosfátu [hmot %]

Analýza		Zn	Fe	P	O	Si	Al
příčný řez	1	8,19	76,74	1,62	13,44		
povrch	1	33,26	16,23	14,79	32,79	1,74	1,19
	2	6,78	77,56	3,33	11,32	1,01	



Obr. 4.22 Zobrazení povrchu bitu povrchovou úpravou na bázi zinečnatého fosfátu



Obr. 4.23 Vzhled vrstvy na bázi zinečnatého fosfátu v příčném směru

Povrchová úprava na bázi niklu

Chemické niklování se provádí také po suchém pískování. Na odmaštěných bitech v ultrazvuku obsahující louh, smáčidla a urychlovač moření a teplotě 65 °C, v lázni s louhy a smáčidlem po dobu 3 minut a následným dvoustupňovým kaskádovým oplachem se moří 1 – 2 minuty (dle reakce povrchu) při teplotě 25 °C v lázni na bázi kyseliny sírové H_2SO_4 a kyseliny fosforečné H_3PO_4 . Po dvoustupňovém kaskádovém oplachu se pak provádí chemické niklování po dobu 30 - 50 min dle artiklu a teplotě 40 °C. Následuje třístupňový kaskádový oplach a sušení v odstředivce. Po vysušení se bity olejují v odstředivce SG-NOKOROLEM-10 od firmy SG-GALVANOBEDAR GmbH. Poté je třeba provést kontrolu poniklování a změřit tloušťku pokovení, ta by měla být max. 3 μm pro malé profily a 6 – 10 μm pro „doppelbity“. Po niklování se na bitech aplikuje popis pomocí laseru a bez lakování pokračuje zakázka na operaci balení bitů. Výsledný vzhled povrchu bitu je zobrazen na obr. 4.24.



Obr. 4.24 Vzhled povrchu bitu s povrchovou úpravou nikl

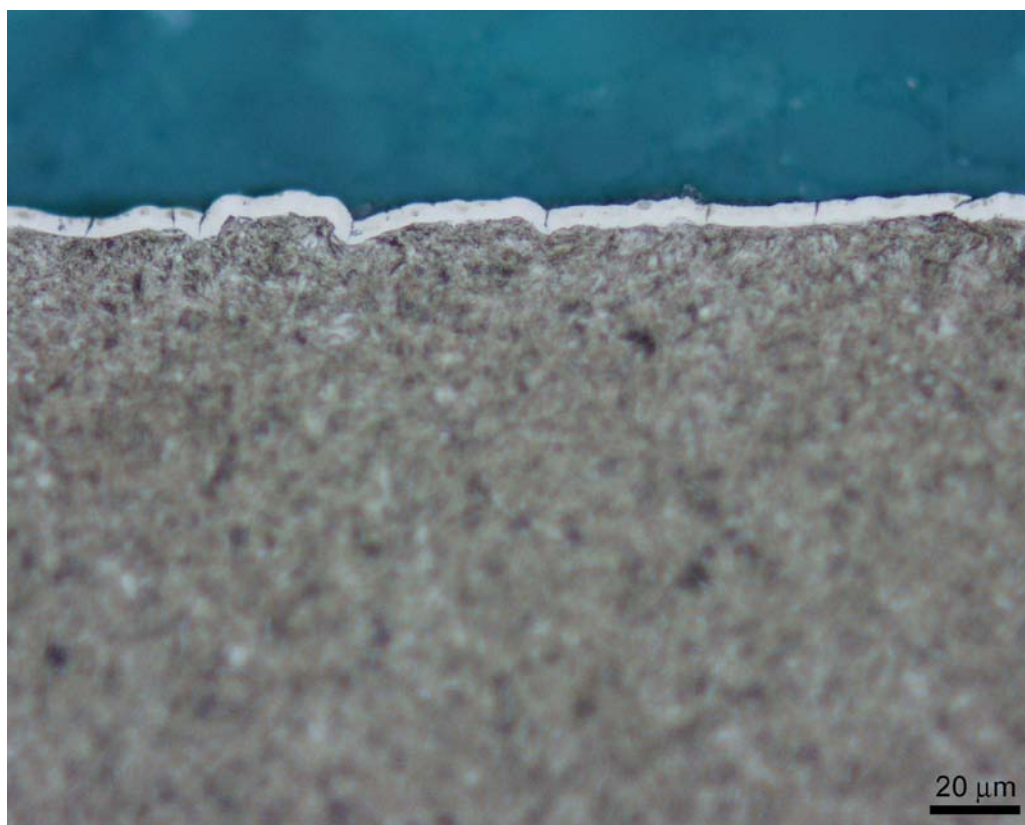
Analýza koncentrace lázní a měření jejich pH se měří v pravidelných intervalech dle interní normy Pokyn k práci AA 22/50-01.

Hodnocení povrchové úpravy na bázi niklu

Bylo provedeno metalografické hodnocení Ni vrstvy zaměřeno také na posouzení přilnutí vrstvy, její tloušťky a komplexní hodnocení vrstvy. Mikrostruktura základního materiálu s niklovou vrstvou se vyznačuje svou narůžovělou barvou, viz obr. 4.25. Na některých místech je vrstva rozpraskaná, avšak dostatečně přilnuta k povrchu.

Tloušťka vrstvy byla neměřena pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu v příčném řezu a její hodnota je cca 3,5 μm . Z toho je patrné, že vrstva je rovnoměrná. Na povrchu vzorku byly pozorovány globulární útvary niklu, které se na snímcích jeví jako bílé, viz obr. 4.26. Tloušťka a vzhled vrstvy v příčném řezu je dokumentován na obr. 4.27. Vrstva se v příčném řezu jeví jako kompaktní.

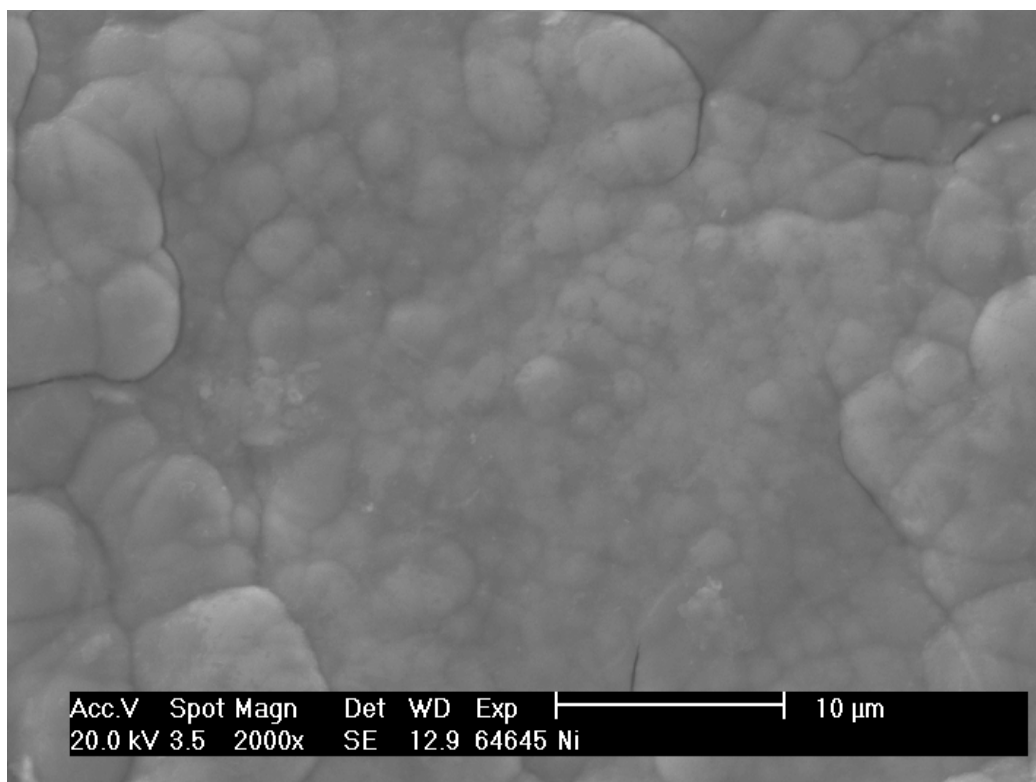
Lokální chemická analýza v příčném řezu a plošná na povrchu vzorku byla provedena pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu, vybaveném energiově disperzní chemickou analýzou, a byla zaměřena na zjištění chemického složení niklové vrstvy, viz tab. 4.2.



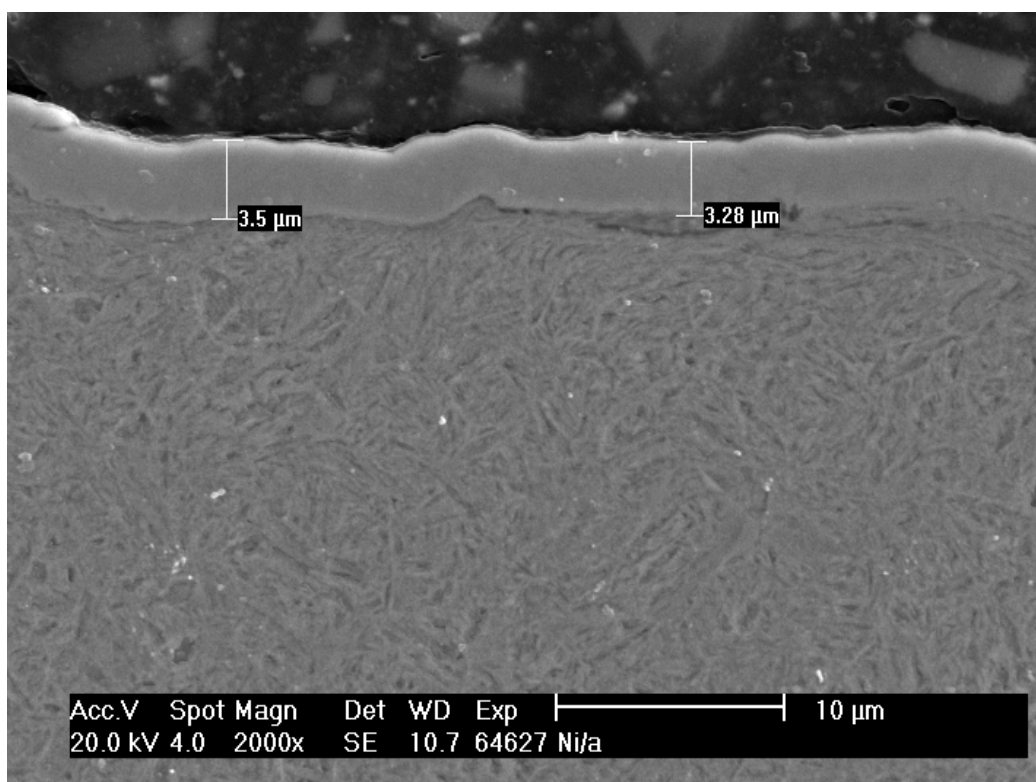
Obr. 4.25 Mikrostruktura základního materiálu s niklovou vrstvou, Nital

Tab. 4.2 Chemické složení niklové vrstvy [hmot %]

	Ni	Fe	P
příčný řez	92,17	3,09	4,74
povrch	90,81	3,82	5,37



Obr. 4.26 Zobrazení povrchu bitu povrchovou úpravou na bázi niklu



Obr. 4.27 Vzhled vrstvy na bázi niklu v příčném směru

Povrchová úprava na bázi nikl - zlato

Této povrchové úpravě předchází suché pískování a následně niklování stejným způsobem jako bylo popsáno výše. Po niklování navíc následuje chemické zlacení při teplotě 80 °C po dobu 10 min. v lázni na bázi kyanozlatnatanu draselného a fosforitanu draselného $K_2HPO_3 \cdot H_2O$. Po jednostupňovém oplachu se pasivuje v 0,5% roztoku SG28 a suší v odstředivce. Poté se provede kontrola pozlacení dle normy WB 33/04-02. Tloušťka povlaku zlata je obvykle 0,1 – 1 μm a tloušťka celé vrstvy je do 5 μm. Po této povrchové úpravě následuje identifikace bitů laserovým popisem a lakování. Výsledný vzhled povrchu bitu je zobrazen na obr. 4.28.



Obr. 4.28 Vzhled povrchu bitu s povrchovou úpravou nikl a zlato

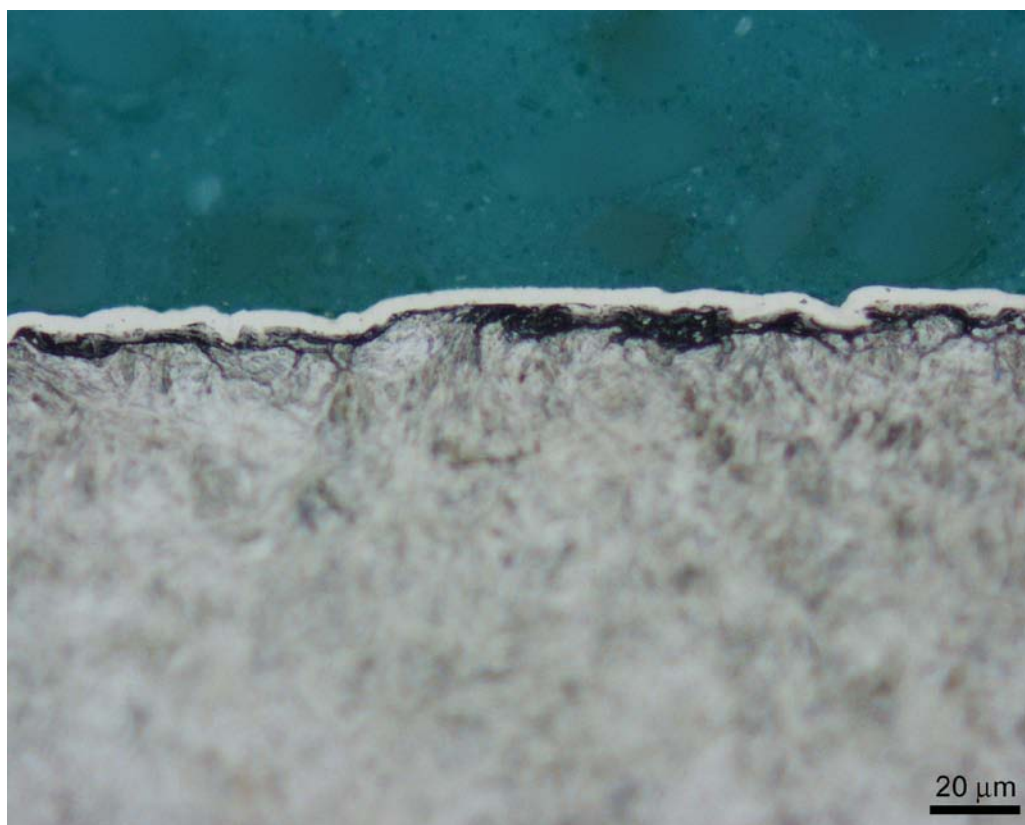
Analýza koncentrace lázní se provádí stejným způsobem jako u niklování dle interní normy „Pokyn k práci AA 22/50-01.“

Hodnocení povrchové úpravy na bázi nikl - zlato

Bylo provedeno opět metalografické hodnocení Ni-Au vrstvy, kde se posuzovalo přilnutí vrstvy, její tloušťka a komplexní hodnocení vrstvy. Na obr. 4.29 je zobrazena mikrostruktura základního materiálu s vrstvou niklu a zlata. Vrstva niklu se na světelném mikroskopu vyznačuje svou narůžovělou barvou, vrstvička zlata není na mikroskopu zřetelná. Na některých místech je vrstva rozpraskaná a dokonce se odlupuje od povrchu.

Pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu byla naměřena tloušťka vrstvy v příčném řezu cca 3,5 μm podobně jako u vzorku s niklovou povrchovou úpravou. Předpokládaná tloušťka vrstvy zlata je řádově 100 nm, avšak kvůli špatné měřitelnosti nebyla tloušťka naměřena. Na povrchu vzorku byly pozorovány opět globulární útvary niklu, které se na snímcích jeví jako bílé obr. 4.30. Vrstva zlata na snímku není zřetelná. Tloušťka a vzhled vrstvy je zobrazena na obr. 4.31. Ze snímku je patrné, že vrstva je rovnoměrná. V příčném řezu se vrstva jeví jako nekompaktní.

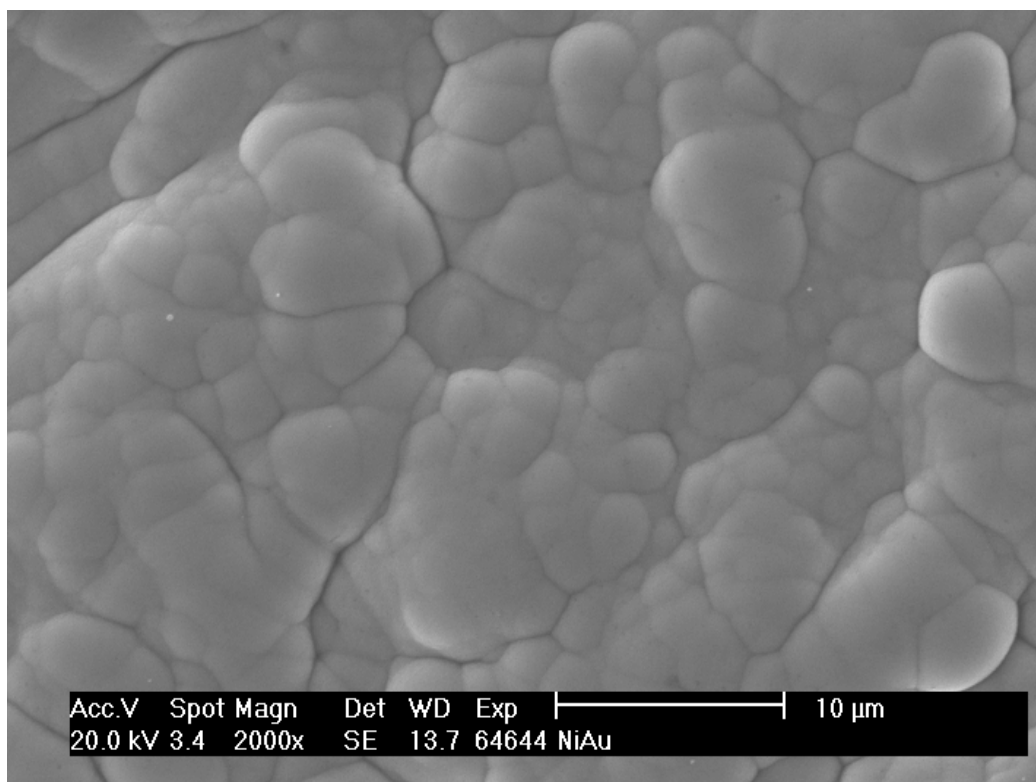
Dále byla provedena lokální chemická analýza v příčném řezu a plošná na povrchu vzorku pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu, vybaveném energiově disperzní chemickou analýzou, a byla zaměřena na zjištění chemického složení niklové vrstvy, které je uvedeno v tab. 4.3.



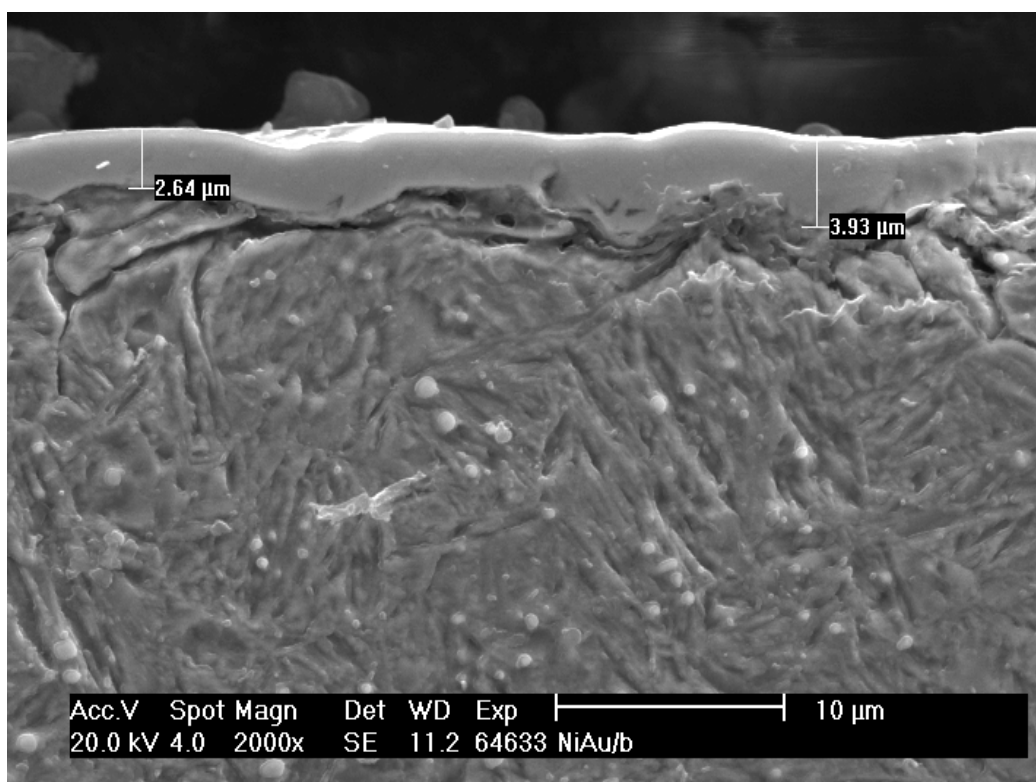
Obr. 4.29 Mikrostruktura základního materiálu s vrstvou niklu a zlata, Nital

Tab. 4.3 Chemické složení vrstvy niklu a zlata [hmot %]

Analýza		Ni	Fe	P	Au
příčný řez	1	67,14	3,23		29,63
	2	93,48	3,71	2,81	
povrch	1	77,52	3,52	2,35	16,61



Obr. 4.30 Zobrazení povrchu bitu povrchovou úpravou na bázi nikl-zlato



Obr. 4.31 Vzhled vrstvy na bázi nikl-zlato v příčném směru

Povrchová úprava na bázi nikl - diamant - zlato

Tato povrchová úprava se provádí po suchém a mokřém pískování nejprve chemickým odmaštěním v ultrazvuku na bázi louhu sodného NaOH. Po anodickém elektrolytickém omaštění pod napětím v lázni na bázi louhu sodného NaOH s tenzidy následuje třístupňový oplach po 10 sekundách a moření v dekapovací lázni na bázi kyseliny chlorovodíkové HCl a vody. Dále po dvoustupňovém oplachu po 10 sekundách se provede předniklování v lázni na bázi kyseliny borité H_3BO_3 , chloridu nikelnatého $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ a síranu nikelnatého $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ se stabilizátory. Úprava pH se provádí louhem sodným a kyselinou sírovou. Po této lázni následuje třístupňový oplach a chemická Ni-lázeň s diamantovými částicemi na bázi síranu nikelnatého $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ a fosforanu sodného $\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ se stabilizátory. Po předposledním třístupňovém oplachu se zlatí v lázni na bázi kyanozlatnatanu draselného, dihydrogenfosforečnanu sodného NaH_2PO_4 a stabilizátorů. Úprava lázně se provádí pomocí kyseliny citronové v pravidelných intervalech. Tloušťka povlaku je obvykle 0,09 – 0,1 μm . Posledním krokem je dvoustupňový a jednostupňový oplach ve vodě a sušení při teplotě 60°C/10 min. Analýza koncentrací lázní se provádí v pravidelných intervalech dle interních norem. Výsledný vzhled povrchu bitu je zobrazen na obr. 4.32.



Obr. 4.32 Vzhled povrchu bitu s diamantovou povrchovou úpravou

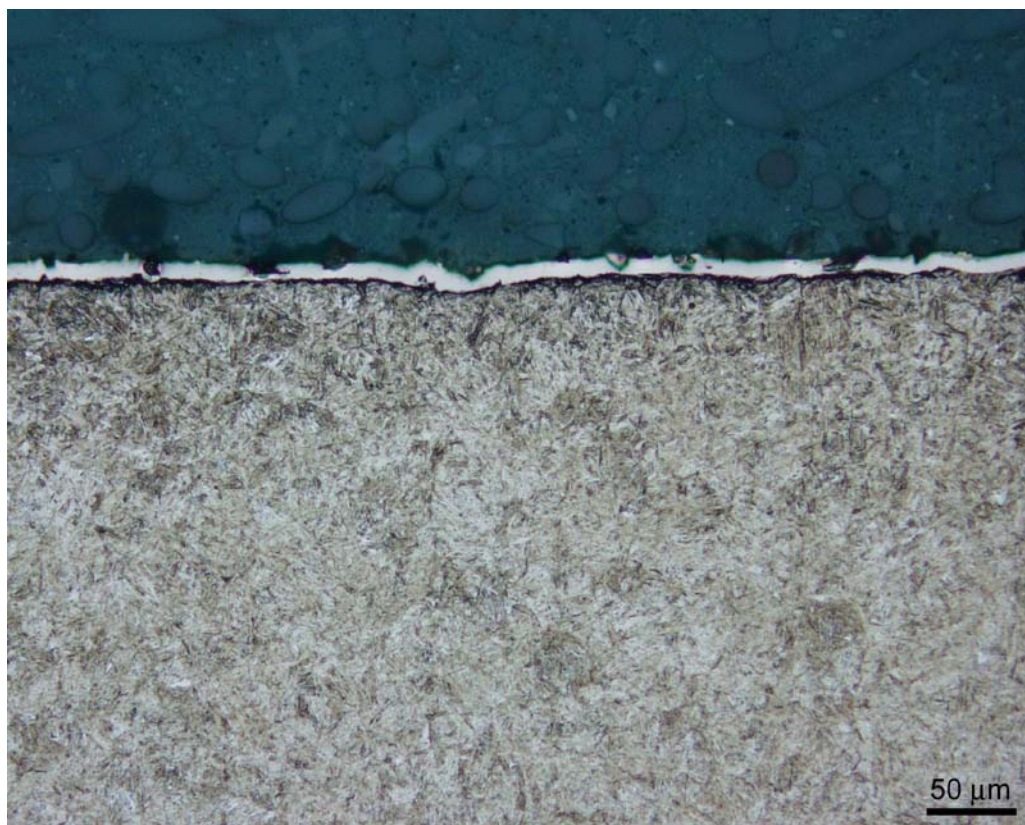
Hodnocení povrchové úpravy na bázi nikl - diamant - zlato

Po této povrchové úpravě následují laboratorní zkoušky, kde se hodnotí vizuálně úplnost povlaku a barva pomocí lupy a tabule vzorků, uložení v kalibru, krouticí moment a kontrola přilnavosti vrstvy. Tloušťka diamantové vrstvy se obvykle pohybuje v rozmezí 15 – 25 μm . Zkoušky jsou prováděny dle interní normy „Pokyn ke zkouškám 22/20-03.“ Po zkouškách následují operace laserování a lakování bitu.

Metalografické hodnocení DC vrstvy bylo zaměřeno na posouzení přilnutí vrstvy, její tloušťky a komplexní hodnocení vrstvy. Vrstva niklu je na světelném mikroskopu zřetelně vidět a vyznačuje se svou narůžovělou barvou, vrstvička zlata zřetelná není, viz obr. 4.33. Dále jsou zde zřetelné částice diamantu ve vrstvě niklu. Vrstva je dostatečně přilnuta k povrchu, pouze diamantové částice na některých místech nedrží v niklové vrstvě. Na snímku lze také zachytit, že substrát byl cementován.

Pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu byla naměřena celková tloušťka vrstvy v příčném řezu cca 8,49 μm . Tloušťka vrstvy niklu je pak cca 6,92 μm , tloušťka diamantové částice 5,57 μm a tloušťka zlata přibližně 143 nm. Částice diamantu byly pozorovány na povrchu vzorku, které se ve zpětně rozptýlených elektronech jeví jako černé krystalky, a dále globulární útvary niklu, které se na snímcích jeví jako bílé, viz obr. 4.34. Vrstva zlata na snímku není zřetelná. Tloušťka a vzhled vrstvy je dokumentována na obr. 4.35. Ze snímku je patrné, že vrstva je rovnoměrná. Diamantová vrstva se v příčném řezu jeví jako kompaktní a vrstvička zlata je zřetelná.

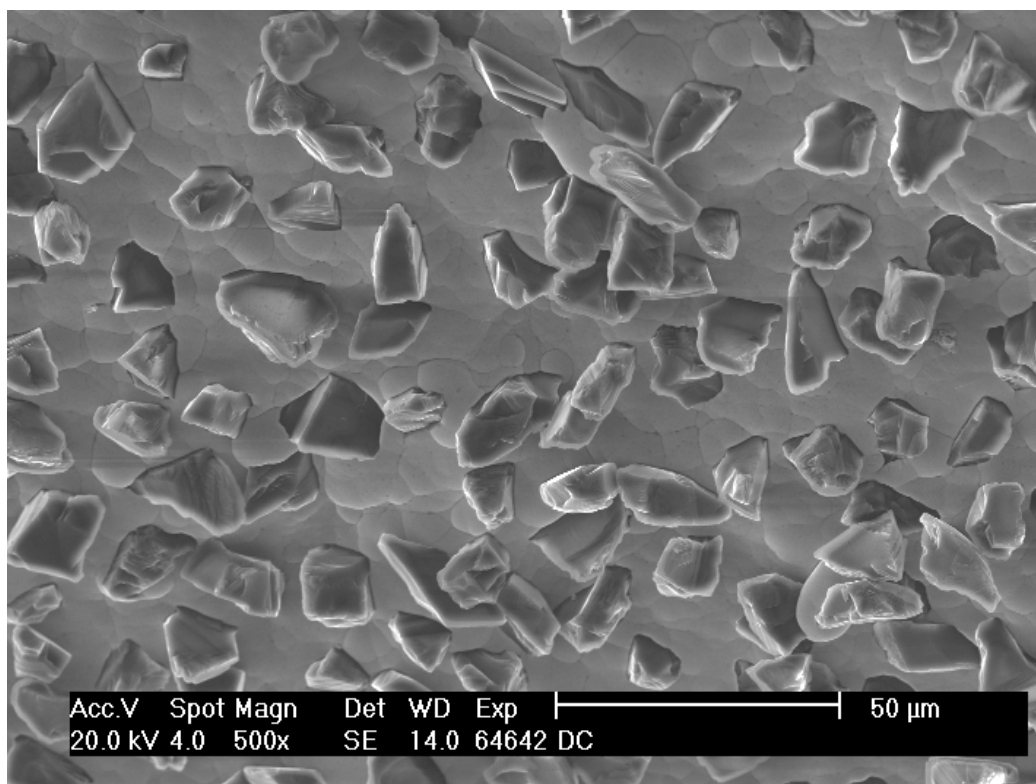
V příčném řezu byla opět provedena lokální chemická analýza pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu, vybaveném energiově disperzní chemickou analýzou, a byla zaměřena na zjištění chemického složení diamantové vrstvy, tab. 4.4.



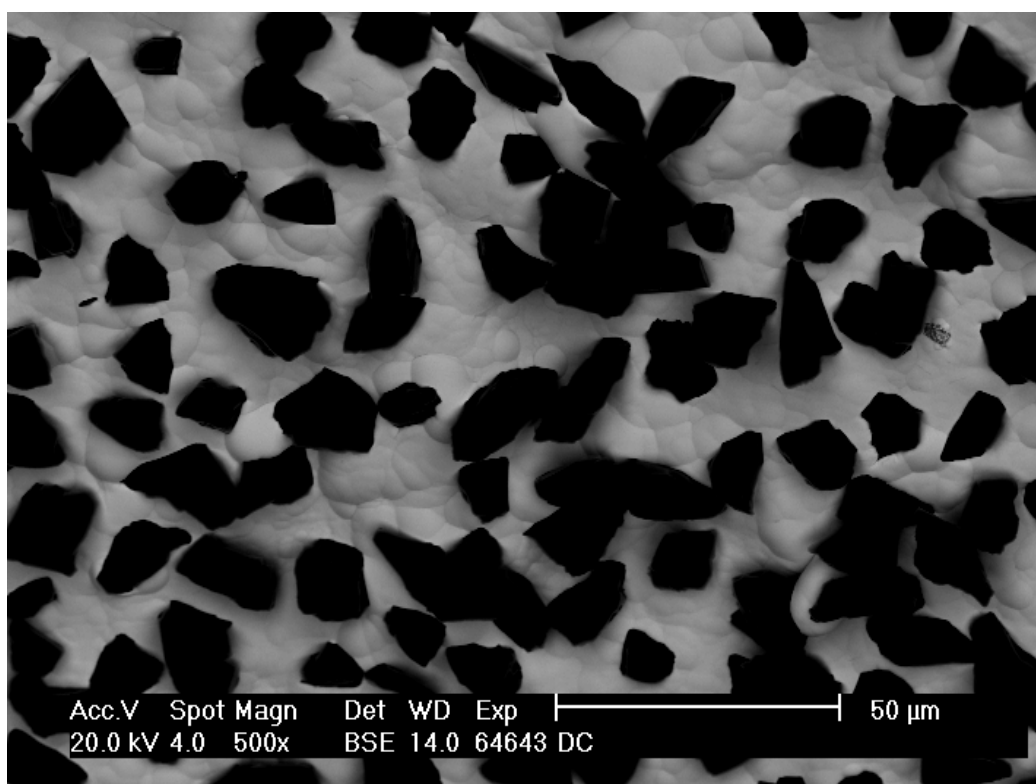
Obr. 4.33 Mikrostruktura základního materiálu s diamantovou vrstvou, Nital

Tab. 4.4 Chemické složení diamantové vrstvy [hmot %]

Analýza		Ni	Fe	P	Au	C
příčný řez	1	76,9	1,9	5,62	15,58	
	2	91,22	2,21	6,57		
	3					100

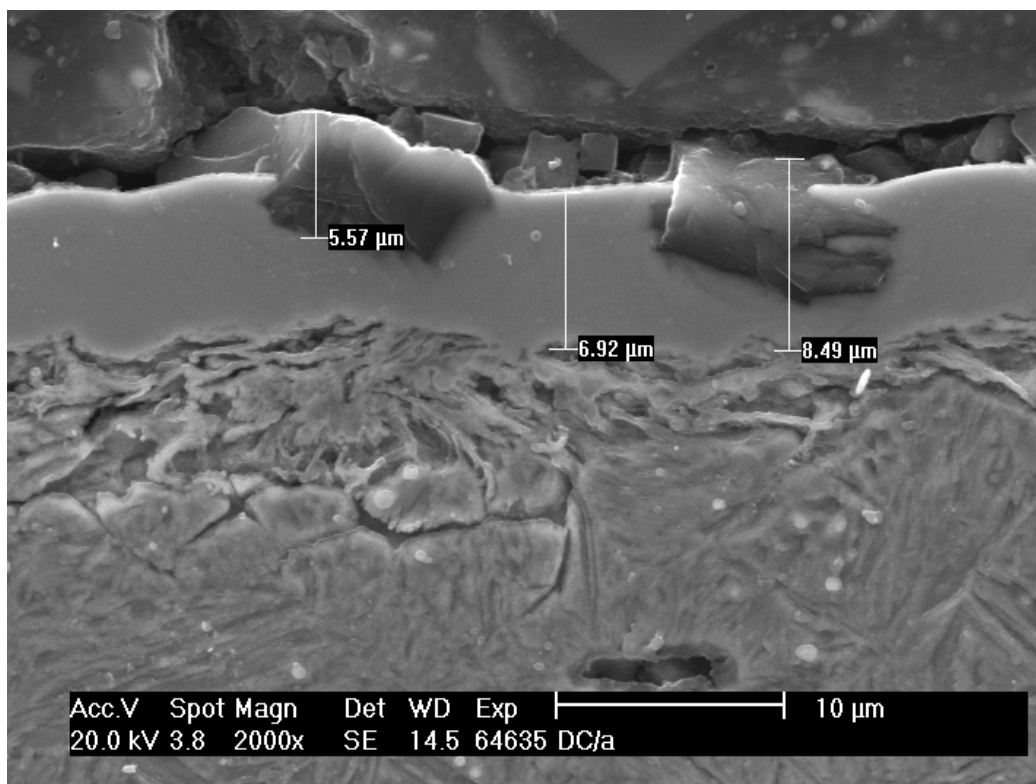


Obr. 4.34a

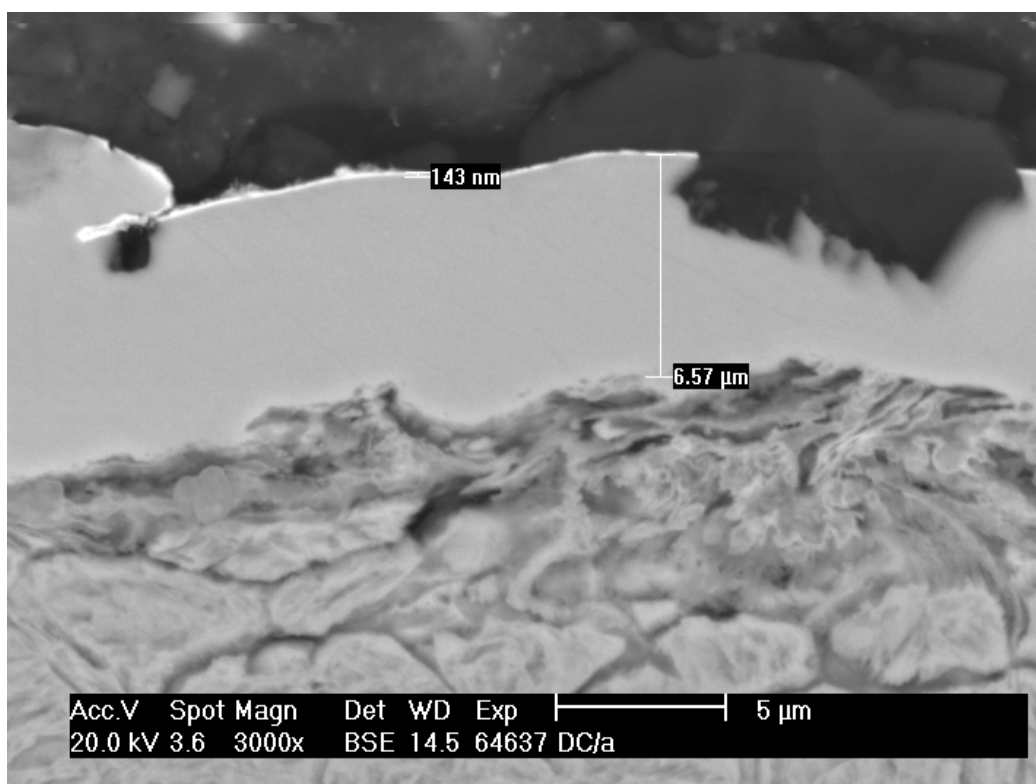


Obr. 4.34b

Obr. 4.34 Zobrazení povrchu bitu povrchovou úpravou na bázi nikl-diamant-zlato



Obr. 4.35a



Obr. 4.35b

Obr. 4.35 Vzhled vrstvy na bázi nikl-diamant-zlato v příčném směru

4.4.3 Laserování, lakování a balení bitu

Laserování bitu

Laserování se provádí strojně na Automatech Branscheid nebo ručně na stroji ROFIN RS490Q. Laserovat se dá téměř do jakéhokoliv materiálu (železo, nerez, chromovaný povrch - povrch se musí potom ošetřit olejem SG- NOKOROL-10 od firmy SG-GALVANOBEDAR GmbH proti korozi, zinek-fosfátovaný povrch – povrch se opět musí ošetřit olejem SG-NOKOROL-10, plasty).

Celý proces strojního laserování začíná ve vibračním zásobníku, který pomocí čidla natáčí kusy do správné polohy. Dále se vybere program a zvolí se správná velikost lišt. Jaký popis má na bitech být, je uvedeno na zakázce, a umístění popisu je uvedeno v normě. Dále se nastaví parametry pro různé povrchové úpravy, tj. zda se bude laserovat s frekvencí nebo bez frekvence. Pokud se použije laser bez frekvence, vytváří se pouze čistý popis do kovu bez jakýchkoliv povrchových úprav tím, že se spálí povrch a vynikne popis. Frekvence se používá pro narušení materiálu s nějakou povrchovou úpravou. Frekvence rozděluje paprsek a vysílá ho v impulsech. Velikost frekvence pro různé povrchové úpravy se liší, hodnoty jsou uvedeny v tab. 4.5.

Laser se skládá ze zdroje, který je předáván do krystalu mezi diodami nebo lampami. Vzniká paprsek, který nabíjí svou intenzitu a je poslán do soustavy zrcadel a odtud do laserovací hlavy. Tyto strojní lasery jsou diodové a mají 40 A, výstupní výkon je pak 100 W (dle interního předpisu Pokyn k práci AA 29/08-01).

Tab. 4.5 Frekvence laserového paprsku pro různé povrchové úpravy

Povrchová úprava	nerez	izotem	nikl- diamant- zlato	mangan - fosfát	zinečnatý fosfát	nikl	nikl- zlato	chrom
Frekvence [Hz]	62 700	3 000	3 500	11 000	11 000	1 800	25 000	23 000- 30 000

Ruční laserování se od strojního liší v tom, že nemá vibrační zásobník a lišty. Musí se pouze nastavit výška posuvného stolu v ose Z a doladit pozici v osách X a Y. Dále je potřeba nastavit výšku paprsku pomocí optiky. Pokud je optimální výška s povrchem příliš malá, popis je nevýrazný. Pokud je naopak velká, popis je rozpitý. U strojního laseru není třeba nastavovat výšku, vše se nastaví automaticky a poloha lišt je stejná pro všechny programy. Poté se zvolí správné plato, na které se umisťují bity, a vloží se do laseru. Poloha plata se určuje pomocí zkušební kusy. Ruční laser je lampový s max. 20 A, výstupní výkon je 100 W (dle interního předpisu Pokyn k práci AA 29/07-01).

Lakování

Lakování probíhá v Odstředivce ELLE WERK 93 TL při otáčkách 650 – 700 ot/min. K odstředivce je připojeno odsávání s ventilátorem. Nejprve změříme viskozitu laku, jak je uvedeno v interním předpisu „Pokyn k práci AA 22/07-01.“ Pokud měření vykazuje jiné hodnoty, naředíme lak ředidlem, popř. dolijeme lak Icelit - Überzuglack farblos glänzend lifttrocknend od firmy HÜLSEMANN a měření provedeme znovu.

Bity se ponoří do nádoby s lakem, poté se rukou zahýbe s bubnem, aby došlo k posunutí bitů a tak i kontaktu všech částí bitu s lakem. Nádoba s lakem se spustí dolů a nastaví se sušení vzduchem. Sušení a odstředování trvá 1:40 až 1:50 minut (dle interního předpisu Pokyn k práci AA 22/07-01).

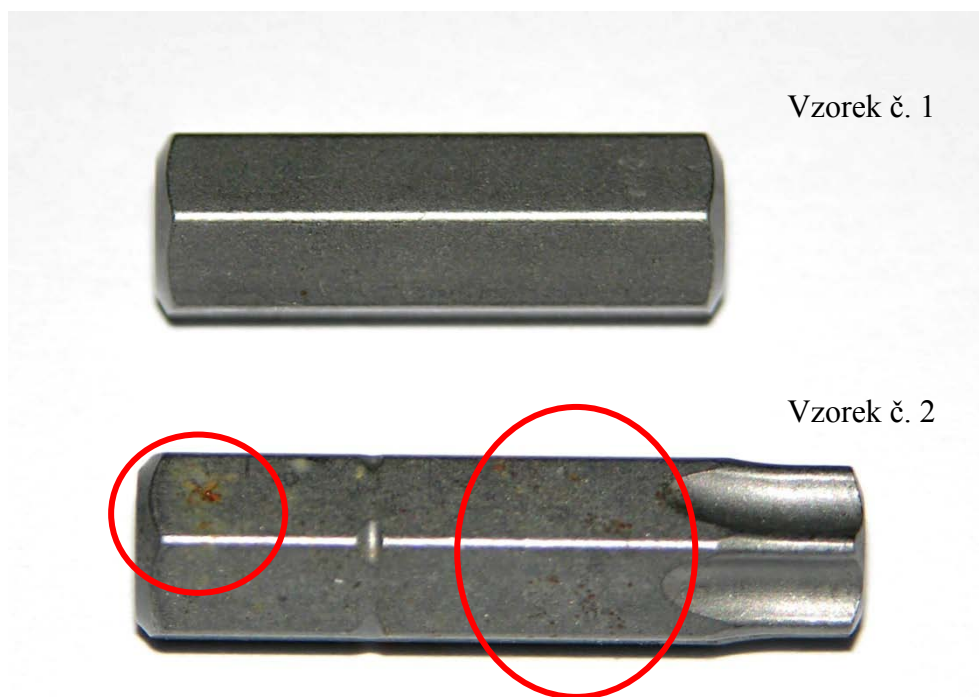
Barevné lakování se provádí podobným způsobem. Barevný lak se míchá pomocí bezbarvého laku Icelit - Überzuglack farblos glänzend liftrocknend od firmy HÜLSEMANN a pigmentu Icelit - Farbstofflösung v poměru 5 : 0,6 litrů (dle interního předpisu Pokyn k práci AA 22/07-02).

Kontrola lakování v klimakomůře

Předposlední operací výroby bitu je test na korozi v kondenzační klimakomůře. Test se provádí při 40 °C a 100% vlhkosti po dobu uvedenou v normě „Pokyn ke zkouškám č. 33/03-14.“ Příprava vzorků je velice důležitá. Lak pokrývající bity se nechá vytvrdnout 24 hod. (minimálně 12 hod.). Dále se zkontrolují vzorky, zda nevykazují žádné známky napadení korozí. Tři vzorky z každé zakázky se položí na čistou podložku (plexisklo) v určité vzdálenosti od sebe a vloží se do komory. Po uplynutí doby testu vzorky vyhodnotíme vizuální kontrolou. V případě výskytu koroze se zakázka posouvá zpět na operaci pískování.

Problematika lakování

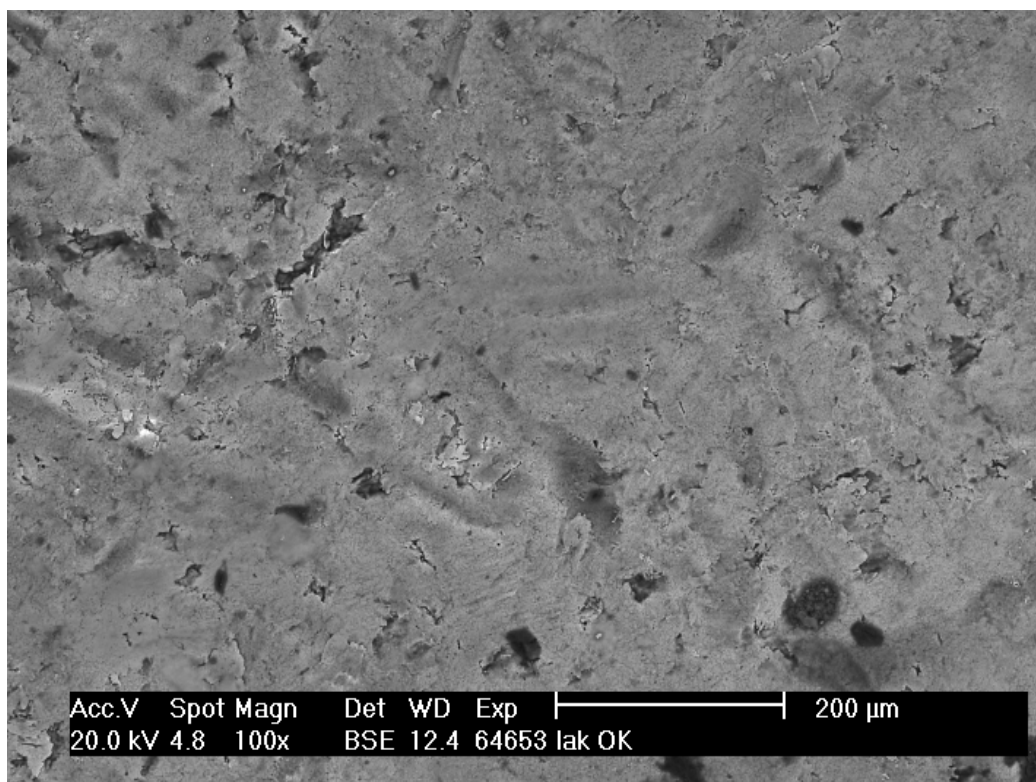
Po lakování a 24 hodinách zasychání laku byly odebrány 2 vzorky na korozní test. Každý vzorek byl v kondenzační komůře odlišnou dobu a sledovalo se, kdy se objeví koroze. Vzorek č. 1 byl podroben testu po dobu 10 hodin a vzorek č. 2 pouze po dobu 2 hodin. Po testu v kondenzační klimakomůře byl zjištěn výskyt rozsáhlejší koroze u vzorku č. 2, na vzorku č. 1 se koroze nevyskytovala, obr. 4.37.



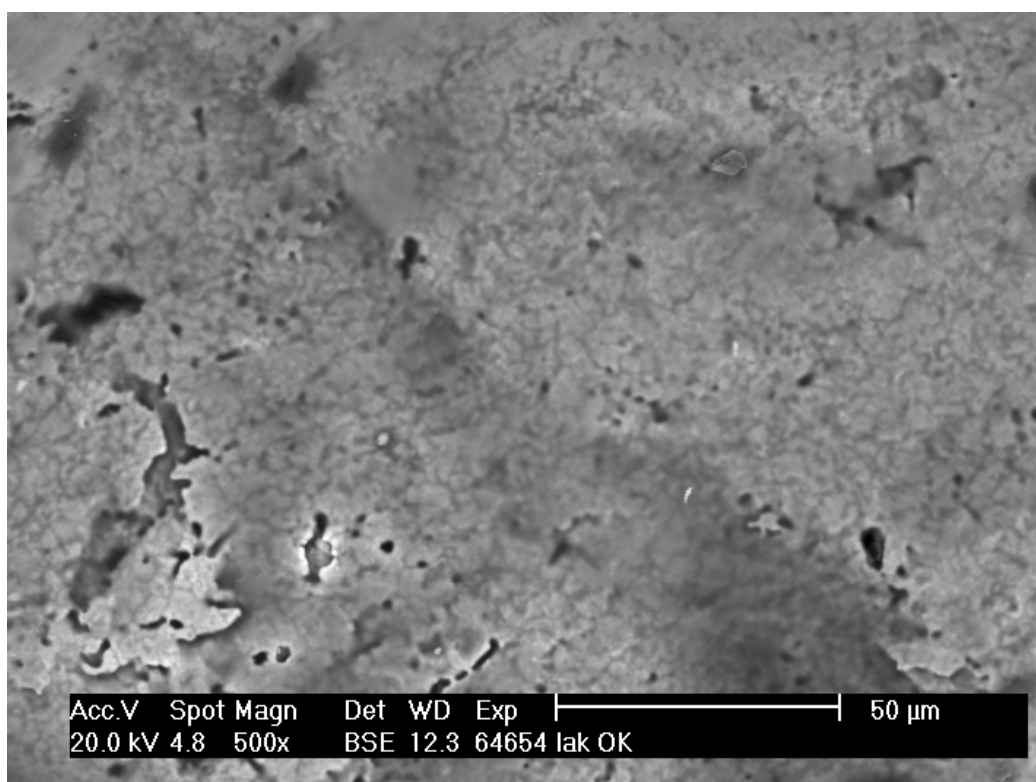
Obr. 4.37 Vzhled povrchu bitů po testu na korozi

Na povrchu vzorku bez koroze byl pozorován vzhled a přilnutí laku pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu. Zjistilo se, že lak je popraskaný, obr. 4.38a, a v některých místech se začíná odlupovat, obr. 4.38b.

Pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu, vybaveném energiově disperzní chemickou analýzou, byla naměřena lokální chemická analýza na povrchu vzorku s korozí. Analýza byla provedena ve třech místech, jak je vyznačeno na obr. 4.39, tab. 4.6. Při analýze korozních míst byl zjištěn výskyt určitého množství chloru (cca 2,7 hm %).

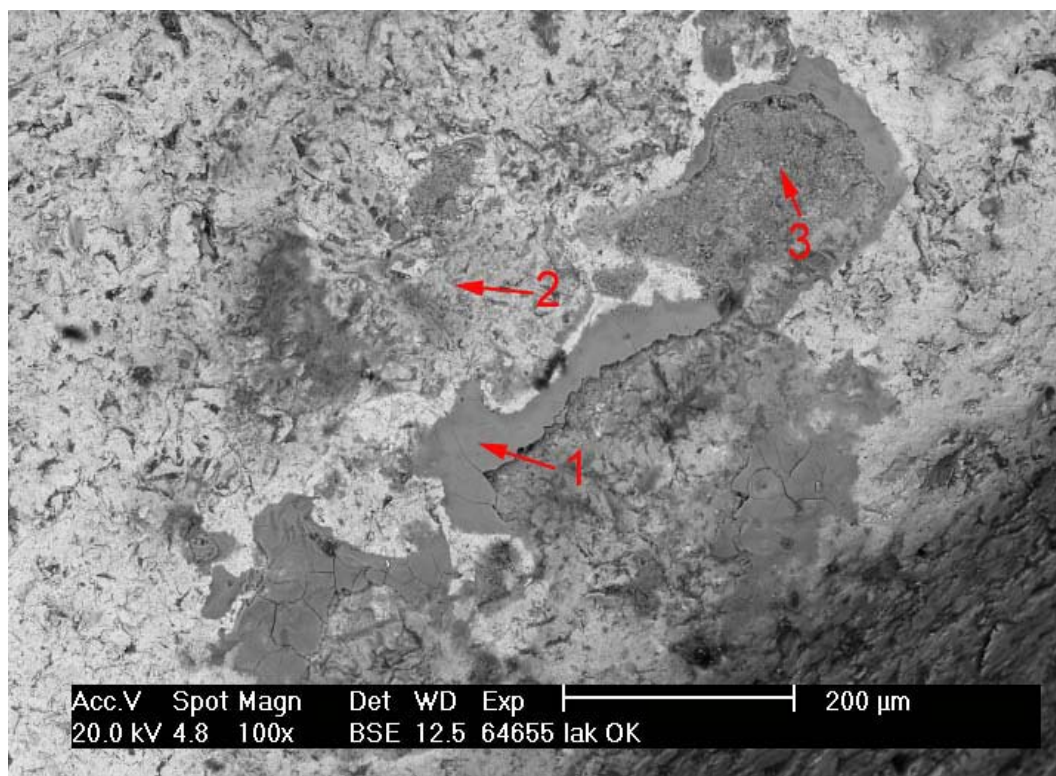


Obr. 4.38a



Obr. 4.38b

Obr. 4.38 Vzhled laku, vzorek č. 1



Obr. 4.39 Vzhled zkorodovaného povrchu, vzorek č. 2

Tab. 4.6 Chemické složení lakovaného povrchu

Analýza		Fe	Mn	Cr	S	Si	O	Cl
povrch	místo 1	70,7	0,38	0,52	0,48	0,44	29,94	2,53
	místo 2	94,59	0,68	1,06		0,87	2,8	
	místo 3	78,13	0,61	0,96		0,89	16,42	2,66

Po zjištění výskytu chloru bylo zkoumání zaměřeno na technologii mokrého pískování a byla provedena chemická analýza jednak oplachové vody pro sušení, a také koncentráту JEMAKA 70018 a ředící vody, z nichž je oplachová voda připravována. Rozbor byl proveden argentometrickou titrací na výskyt chloridů. Tato metoda je založena na reakci chloridů se stříbrnými ionty za vzniku sraženiny chloridu stříbrného. Podmínkou pro vznik chromanu stříbrného je pH prostředí v rozmezí 6,5 až 10,5. Bylo zjištěno, že koncentrace chloridů v ředící vodě je 1,75 g/l. Koncentrace chloridů přítomna v koncentráту JEMAKA 70018 je 35,46 g/l. Koncentrace chloridů v 3 % roztoku, který byl připraven z ředící vody obsahující chloridy, je 2,76 g/l. A koncentrace chloridů v čistém 3 % roztoku koncentráту je 1,0638 g/l.

Balení bitů

Bity se balí ručně nebo strojně, a to do sad nebo jednotlivě. Vše se balí podle interních norem a předpisů např. „Pokyn k práci 36/01-00.“ Bity se nejčastěji balí do papírových krabiček, sáčků nebo do plastových krabiček. Zároveň se vytisknou etikety, které se lepí na každou krabičku nebo sáček. Bity lze balit také strojně do sáčků po 1 až 15 kusech. Stroj i tiskne a lepí etikety. Sáčky se zavaří teplem, vizuálně se zkontrolují a zvažují. Bity se také balí po 2500 kusech do větších krabic.

5. DISKUZE VÝSLEDKŮ

Ze zpracování technologického postupu výroby bitů, který se skládá z kroků uvedených v kap. 4.3 a 4.4, je zřejmé, že sortiment je rozmanitý, výroba probíhá s chemicko-tepelným nebo tepelným zpracováním, s povrchovými úpravami lakování nebo moderními povrchovými technologiemi. Kontrola v jednotlivých krocích výroby pak ukázala, že důkladná příprava povrchu před vlastní povrchovou úpravou, odráží výsledné vlastnosti konečné povrchové úpravy a tím i vlastnosti celé součásti. Důležitá je potom samozřejmě i samotná technologie povrchových úprav a její správná volba pro daný povrch.

Materiál je dodáván ve stavu žíhaném na měkko s vyšší tvrdostí, než je předepsaná v materiálových listech. Metalografické hodnocení v příčném a podélném směru ukázalo, že struktura je tvořena zrnny feritu a globulárním perlitem.

Třískové obrábění je nejrozšířenějším zpracováním nejenom nástrojových ocelí, ale i většiny materiálů. Na dodaném polotovaru je tímto způsobem vyroben průměr, zápich a následně i jeden z mnoha druhů profilů, které firma Wera Werk nabízí.

Chemicko-tepelné a tepelné zpracování má značný vliv na zvýšení jakosti oceli a tím i jakosti konečného výrobku. Strukturu materiálu po chemicko-tepelném zpracování tvoří martenzit, zbytkový austenit a komplexní karbidy M_3C (Cr, Fe_3C), $M_{23}C_6$ ($Cr_{23}C_6$), popř. M_7C_3 (Cr_7C_3) a zřejmě i tvrdé karbidy vanadu M_4C_3 (V_4C_3), popř. MC (VC). Ve struktuře jsou také patrné hranice původního austenitického zrna. Výsledky mikrotvrdosti cementovaných vzorků, obr. 4.16 (kap. 4.3.2), potvrdily, že vrstva byla nacementována do předpokládané hloubky 0,2 mm od povrchu. Nejvyšší pokles tvrdosti byl zaznamenán u vzorku po cementaci kaleném do oleje. Opakované popouštění má za následek a zároveň i účel snížit gradient poklesu tvrdosti v hloubce 0,2 mm od povrchu. Nejvyšší hodnoty tvrdosti byly samozřejmě naměřeny na povrchu vzorků, přičemž nejvyšší tvrdosti, 783 HV, bylo dosaženo u vzorku, který byl cementován a kalen do oleje.

Důležitou součástí technologie výroby bitů je i kontrola jakosti po chemicko-tepelném a tepelném zpracování. U vzorků je pravidelně kontrolována tvrdost na povrchu a v jádře a také měření krouticího momentu profilu.

Úprava povrchu je nedílnou součástí před prováděním vlastních technologií povrchových úprav a její kvalita odráží výsledné vlastnosti povrchové úpravy a i celého výrobku. Suché a mokré pískování jsou dvě velice podobné technologie, které vytvoří dokonalý podklad umožňující co nejlepší přilnutí vrstvy. Zároveň také chrání povrch proti korozi.

Povrchové úpravy přináší výrobkům takové vlastnosti, kterých by bylo jinými technologiemi a při stejné ceně velice těžké dosáhnout. Na bitech jsou především prováděny chemické a elektro-chemické povrchové úpravy v lázních s roztoky kyselin nebo louhů. Při hodnocení vrstev bylo metalografickým rozbořem zjištěno, že téměř u všech vzorků vrstva kopíruje reliéf povrchu a v případě větších nerovností pak praská nebo se odlupuje. Pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu, vybaveném energiově disperzní chemickou analýzou, bylo naměřeno chemické složení vrstev. U vzorku s niklovou povrchovou úpravou a u diamantové vrstvy byl prokázán výskyt fosforu, který je přidáván z důvodu lepšího přilnutí vrstvy. Velikost diamantových částic je cca 5,57 μm . Povrchová úprava na bázi nikl-diamant-zlato je jedna z nejmodernějších technologií povrchových úprav a je ve firmě Wera Werk používána jako speciální povrchová úprava bitů.

Lakování patří k nejlevnějším a nejčastějším povrchovým úpravám. Většina sortimentu, na který nejsou kladeny zvýšené požadavky (tvrdost povrchu, odolnost proti otěru) je lakována. Největším problémem lakovaných vzorků je výskyt koroze. Bylo proto provedeno zkoumání lakovaných vzorků po testu na korozi v kondenzační klimakomůře.

Na vzorku č. 2 se už po dvou hodinách v klimakomoře objevila korozní místa a při chemické analýze na rastrovacím elektronovém mikroskopu byl prokázán výskyt chloru (cca 2,7 hm %) v místě koroze. Lze předpokládat, že jednou z příčin korozního napadení je právě výskyt chloru. Byl tedy proveden chemický rozbor argentometrickou titrací vzorků oplachového roztoku používané před sušením a také i koncentrátu JEMAKA 70018 a ředící vody používané k přípravě oplachového roztoku. Přítomnost chloridů v odebraných vzorcích byla pozitivní. Při spojení s teplotou sušení 55 °C a takto naředěnou oplachovou vodou docházelo k tomu, že voda se odpařila z povrchu bitu rychleji než chlor a ten ulpíval na povrchu bitu, na který později nepřilnul lak. Problém mohl být také pravděpodobně způsoben špatným pH oplachového roztoku. Již bylo provedeno snížení teploty na 30 °C, které omezilo výskyt koroze. Dále lze doporučit používání koncentrátu bez přítomnosti chlóru, nebo pro přípravu roztoku používat destilovanou vodu. Koncentrace oplachového roztoku může být ponechána na hodnotě 3,0 až 3,2 %.

6. ZÁVĚRY

V literární rešerši byla zpracována problematika materiálů používaných pro ruční nástroje a nářadí a jejich tepelné zpracování, které má značný vliv na výsledné vlastnosti nástrojů. Dále byly přehledně rozděleny a popsány dnes používané metody povrchových úprav. Větší pozornost pak byla zaměřena především na aplikaci povrchových úprav používaných na ruční nástroje a nářadí. Pomocí různých povlaků a vrstev je možné v technické praxi ze zdánlivě obyčejného konstrukčního materiálu vytvořit materiál, u kterého budou vlastnosti zlepšené daným typem povrchové úpravy, na úrovni o mnoho vyšší než u původního materiálu. Velký zájem o použití těchto povrchových úprav plyne zejména z jejich hlavních předností, čímž jsou úspora materiálu, prodloužení životnosti materiálu a v neposlední řadě i poměrně velké ekonomické úspory. K moderním technologiím v oblasti povrchových úprav patří zejména chemické a galvanické pokovování, popř. i speciální povlaky na bázi nikl-diamant nebo železnaté fosfátování.

Praktická část byla zaměřena na analýzu technologie výroby bitů, vyráběných firmou Wera Werk s.r.o., v jednotlivých etapách procesu, včetně moderních technologií. Firma Wera Werk se zabývá výrobou a odbytem ručního utahovacího nářadí, jako jsou šroubováky, úhlové klíče, zástrčné klíče, kompaktní nářadí, bity a jejich držáky, momentové nářadí a ráčny, již více než 50 let. Firma se také zabývá moderními technologiemi povrchových úprav, např. na bázi niklu, zinečnatého fosfátu a nikl-zlato nebo nikl-diamant-zlato. Pro výzkum byly analyzovány vzorky základního materiálu, vzorky po cementaci a kalení do oleje, popouštění v oleji a na vzduchu. Dále bylo provedeno komplexní hodnocení povrchových úprav aplikovaných na ruční nástroje. Poslední část experimentu byla zaměřena na problematiku lakování bitů.

Metalografickým hodnocením bylo zjištěno, že materiál na výrobu bitů dodáván ve stavu žíhaném na měkko má vyšší tvrdost, než je předepsaná v materiálových listech a jeho struktura je tvořena feritem a zrnitým perlitem. Dále byl materiál zpracováván třískovým obráběním.

Výsledky mikrotvrdosti vzorků po chemicko-tepelném zpracování prokázaly, že vrstva byla nacementována do hloubky 0,2 mm a struktura byla tvořena martenzitem, jistým podílem zbytkového austenitu, komplexními karbidy chromu a zřejmě i velmi tvrdými karbidy vanadu. Ve struktuře jsou také patrné hranice původního austenitického zrna. Opakovaným popouštěním byl pak zaznamenán plynulejší průběh tvrdosti do jádra a celkové snížení tvrdosti a zvýšení houževnatosti. Po chemicko-tepelném zpracování byla provedena kontrola jakosti, která byla zaměřena na tvrdost vzorků na povrchu i v jádře a krouticí moment. Poté bylo provedeno rovnání bitů pomocí indukčního ohřevu a úprava povrchu technologií suchého a mokrého pískování.

Chemické a elektro-chemické povrchové úpravy na bitech byly připravovány v lázních s roztoky kyselin nebo louhů. Bity s povrchovou úpravou byly pozorovány v příčném řezu i na povrchu a dále bylo naměřeno chemické složení vrstev. U vzorku s niklovou povrchovou úpravou a u diamantové vrstvy byl prokázán výskyt fosforu, který je přidáván z důvodu lepšího přilnutí vrstvy. Většina pozorovaných vrstev byla kompaktní mimo vrstvy zinečnatého fosfátu. U vrstev na bázi niklu se vyskytovaly trhliny a u povrchové úpravy na bázi nikl-zlato, bylo zjištěno, že se jedná o částečně nekompaktní vrstvu. U vrstvy na bázi nikl-diamant-zlato se jedná o moderní a progresivní způsob povrchové úpravy používaný speciálně pro bity. Po povrchových úpravách následovala identifikace bitů pomocí laserového popisu.

V neposlední řadě byla řešena problematika lakování bitů. Na lakovaném vzorku byl v místě výskytu koroze, při chemické analýze na rastrovacím elektronovém mikroskopu, prokázán výskyt chloru. Po provedení chemického rozboru argentometrickou titrací vzorků, koncentrátu JEMAKA 70018 a ředící vody, používané k přípravě oplachového roztoku, na výskyt chloridů, byla zjištěna přítomnost zvýšené koncentrace chloridů ve vodě i koncentrátu. Pro řešení problematiky výskytu koroze při procesu lakování lze doporučit používání koncentrátu bez přítomnosti chlóru, nebo pro přípravu roztoku používat destilovanou vodu.

Technologie povrchových úprav používaných ve firmě Wera Werk zlepšují vlastnosti používaných materiálů (tvrdost, odolnost proti korozi, otěru, atd.) a v dnešní době je téměř nemožné si bez nich představit fungování i řady dalších průmyslových odvětví. Technologie povrchových úprav se dále zkoumají a zdokonalují a jsou vyvíjeny stále nové postupy, které přináší řadu výhod a nových možností využití.

7. PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

CVD	Chemical Vapour Deposition
PVD	Physical Vapour Deposition
PACVD	Physical Atmospheric CVD
HTCVD	High Temperature CVD
LTCVD	Low Temperature CVD
APCVD	Atmospheric Pressure CVD
SPCVD	Subatmospheric Pressure CVD
LPCVD	Low Pressure CVD
EDS	Energiově disperzní spektrometr
PD	Proporcionálně derivační
DC	Diamond carbon

8. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Hodnocení vlastností tenkých vrstev pro aplikace na nástroje. *Povrchová úprava*. 2007, č. 3, s. 15. Dostupné z: <http://www.povrchovauprava.cz/uploads/assets/casopisy/pu-2007-03.pdf>
- [2] Současná problematika povrchových úprav. *Povrchová úprava*. 2006, č. 9, s. 11. Dostupné z: <http://www.povrchovauprava.cz/uploads/assets/casopisy/pu-2006-09.pdf>
- [3] www.svarak.cz. [on-line]. [citováno 2010_05_25]. Dostupné z: <http://www.svarak.cz/c/cz/svarovani--navarovani-a-renovace-nastrojovych-oceli-2.htm>
- [4] FREMUNT, P., KREJČÍK, J., PODRÁBSKÝ, T. *Nástrojové oceli*. 1. vyd. Brno, Dům techniky Brno, 1994, 229 s.
- [5] PTÁČEK, Luděk a kolektiv. *Nauka o materiálu II*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s. r. o., 2002, 392 s. ISBN 80-7204-248-3.
- [6] KRAUS, Václav. *Povrchy a jejich úpravy*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2000, 218 s. ISBN 80-7082-668-1.
- [7] KUBÍČEK, J. Renovace a povrchové úpravy [on-line]. Vydáno: 11.12.2006, [citováno 2010_03_20]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/renovace_a_povrchove_upravy_kubicek.pdf
- [8] ČERVINKA, M. *Využití povrchových úprav v současné technické praxi*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 50 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Lenka Klakurková, Ph.D..
- [9] HRUBÝ, V., TULKA, J., KADLEC, J. *Povrchové technologie*. 1. vyd. Brno: Vojenská akademie, 1995, 120 s.
- [10] KLIMČÁKOVÁ, K. *Výzkum a vývoj povrchových úprav ložiskových ocelí metodou iontové nitridace*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 59 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Pavel Doležal, Ph.D.
- [11] NĚMCOVÁ, A. *Výzkum a vývoj technologie povrchových vrstev součástí valivých a kluzných ložisek*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 71 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Pavel Doležal, Ph.D.
- [12] HUMÁR, A.: *Materiály pro řezné nástroje*. 1. vyd. Praha: MM publishing, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [13] Kompozitní povlaky s částicemi zinku. *Povrchová úprava*. 2004, č. 2, s. 5. Dostupné z: <http://www.povrchovauprava.cz/uploads/assets/casopisy/pu-2004-02.pdf>
- [14] Nové poznatky v technologii chemického niklování. *Povrchová úprava*. 2009, č. 6, s. 11. Dostupné z: <http://www.povrchovauprava.cz/uploads/assets/casopisy/pu-2009-06.pdf>
- [15] Povrchové úpravy. *Povrchová úprava*. 2009, č. 1, s. 12. Dostupné z: <http://www.povrchovauprava.cz/uploads/assets/casopisy/pu-2009-01.pdf>
- [16] Otěruvzdorné a funkční povlaky nikl-diamant. *Povrchová úprava*. 2006, č. 7, s. 8. Dostupné z: <http://www.povrchovauprava.cz/uploads/assets/casopisy/pu-2006-07.pdf>

- [17] Současný stav železnatého fosfátování. *Povrchová úprava*. 2008, č. 10, s. 15. Dostupné z: <<http://www.povrchovauprava.cz/uploads/assets/casopisy/pu-2008-10.pdf>>
- [18] ČSN EN ISO 6506-1: 2000. Kovové materiály - Zkouška tvrdosti podle Brinella - Část 1: Zkušební metoda. Praha: Český normalizační institut, 1999. 23 s.
- [19] ČSN EN ISO 6507-1: 1999. Kovové materiály - Zkouška tvrdosti podle Vickerse - Část 1: Zkušební metoda. Praha: Český normalizační institut, 1999. 111 s.
- [20] Wera Werk. *Náradí pro lepší pracovní výsledky* [online]. c2005 [cit. 2010_03_01]. Dostupné z: <<http://www.werawerk.cz/>>.